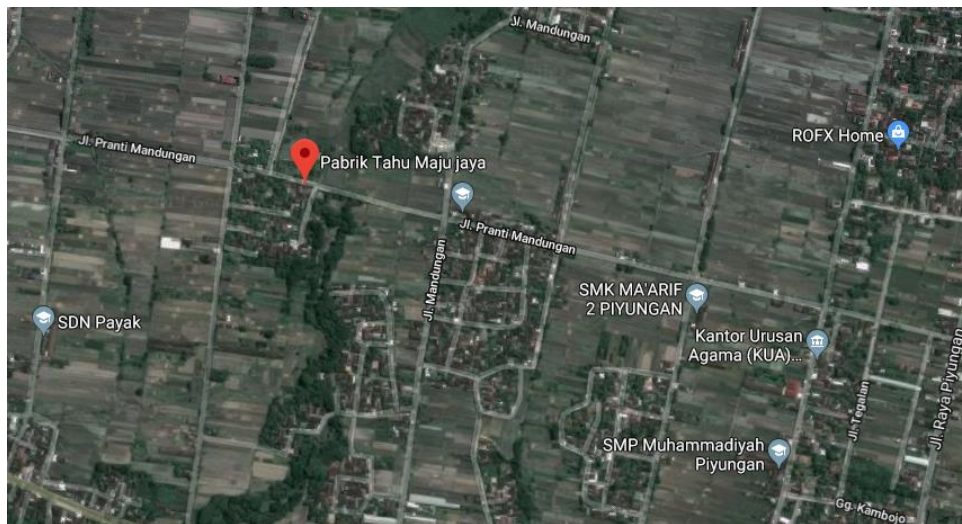


BAB 5

PEMBAHASAN

5.1 Luas Lahan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Tempat perencanaan pengolahan air limbah (IPAL) akan dibangun di pabrik tahu Maju Jaya yang berlokasi di Jalan Pranti Mandungan, Onggoparum, Srimulyo, Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55792.



Gambar 5.1 Lokasi Pabrik Tahu Maju Jaya



Gambar 5.2 Kondisi Lahan Pabrik Tahu Maju Jaya Depan Gerbang

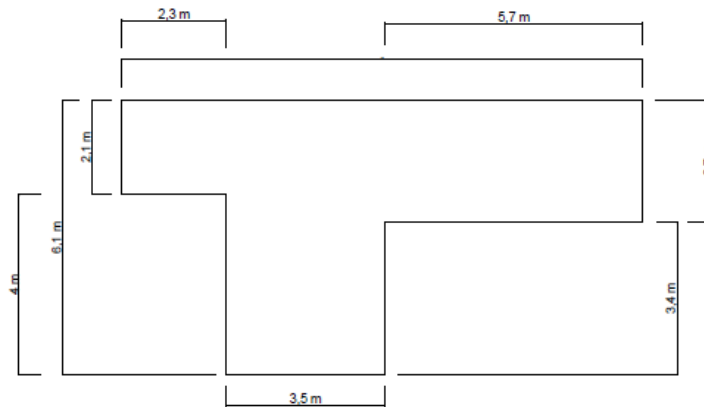


Gambar 5.3 Kondisi Lahan Pabrik Tahu Maju Jaya
Dekat Pembakaran Kayu

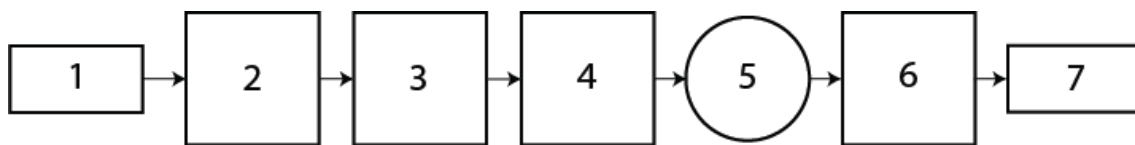


Gambar 5.4 Kondisi Lahan Dari Depan Pabrik

Pada pabrik tahu tersebut memiliki sekitar 2 orang pekerja (satu pekerja merupakan pemilik pabrik). Di dalam kawasan pabrik tahu tersebut terdapat lahan kosong yang dapat digunakan untuk dijadikan tempat pembangunan atau peletakan teknologi pengolahan limbah yang telah direncanakan. Berikut denah lokasi dan layout IPAL secara umum yang akan direncanakan :



Gambar 5.5 Denah Pabrik Tahu Maju Jaya



Keterangan :

1. Air Limbah Yang Masuk
2. Bak Ekualisasi
3. Bak Anaerobik
4. Bak Aerobik
5. Clarifier
6. Bak Penampung Untuk Hidroponik
7. Sebagian Air Di Buang Ke Lingkungan

Gambar 5.6 Flowchart Sistem IPAL Umum

Pada lahan kosong tersebut terdapat satu pohon jenis mangga dan kandang kambing pemilik pabrik. Lahan yang digunakan untuk perencanaan terbatas hanya sekitar $\pm 5,7\text{m} \times 2,7\text{m}$ untuk luas lahan perencanaan 1, $\pm 3,5\text{m} \times 3,4\text{m}$ untuk luas lahan perencanaan 2, $\pm 2,3\text{m} \times 2,1\text{m}$ untuk luas lahan perencanaan 3. Sehingga panjang dan lebar total keseluruhan adalah $8\text{ m} \times 6,5\text{ m}$.

Namun, lahan kosong yang terletak di depan ruangan produksi dan samping rumah pemilik pabrik terdapat beberapa kayu yang berserakan, pohon yang tumbuh di lahan tersebut dan terdapatnya kandang kambing pemilik pabrik tahu tersebut. Sehingga perlu adanya pembersihan dan penataan ulang pada lahan kosong tersebut agar dapat digunakan sebagai tempat peletakan IPAL.

Ada dua alternatif dalam menentukan kesesuaian layout dengan lahan. Berikut 2 alternatif yang direncanakan:

1. Alternatif Dengan Pengadaan Lahan

Pada alternatif ini, perlu diadakan pengadaan lahan demi menunjang perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di pabrik maju jaya. Jika menggunakan alternatif ini, biaya yang dibutuhkan akan bertambah pastinya dikarenakan pengadaan lahan dengan memperluas daerah lahan yang luas sebagai tempat pembangunan atau perencanaan IPAL.

2. Alternatif Dengan Mengoptimisasi Sistem Unit Pengolahan Air Limbah dan Lahan Yang Tersedia

Pada alternatif ini, berbeda dengan alternatif sebelumnya. Disebabkan adanya terbatasnya lahan yang akan bangun IPAL, maka harus menggunakan lahan yang ada dan meningkatkan atau mengoptimalkan unit perencanaan pengolahan limbah yang telah direncanakan.

Alternatif ini, perlu adanya perombakan seperti tata letak unit yang minimalis namun juga tetap optimal seperti pembangunan unit secara bertingkat agar lahan dan perubahan unit yang sudah direncanakan dengan unit lainnya yang optimal namun juga minimalis dalam penggunaan lahan.

Selain mengoptimalkan unit teknologi pengolahan air limbah, dapat juga mengoptimalkan lahan yang ada seperti relokasi kandang kambing yang ada di lahan yang akan direncanakan ketempat yang lain dan penebangan serta pencabutan pohon pada area atau lahan tersebut. Sehingga lahan yang tersedia semakin luas untuk penempatan unit pengolahan air limbah yang akan direncanakan.

5.2 Karakteristik Limbah Yang Akan Diolah

Data karakteristik air limbah di pabrik tahu maju jaya diperoleh dari penelitian tugas akhir rekan saya, Arista Dirgayanti P. dengan judul Studi Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Di Industri Tahu Bu Ning dan Maju

Jaya Di Yogyakarta. Data karakteristik yang digunakan hanya yang berasal dari pabrik tahu maju jaya saja. Berikut data karakteristik yang didapatkan :

Tabel 5.1 Data Karakteristik Pabrik Tahu Maju Jaya

Parameter	Proses	Industri Tahu X	Baku Mutu
BOD	Perendaman	242,4	150 mg/L
	Pencucian	484,3	
	Penggumpalan	2903,5	
	Pencetakan	1935,8	
	Outlet	1693,9	
COD	Perendaman	695	300 mg/L
	Pencucian	1168	
	Penggumpalan	4081	
	Pencetakan	4348	
	Outlet	1808	
TSS	Perendaman	196	200 mg/L
	Pencucian	143	
	Penggumpalan	1046	
	Pencetakan	696	
	Outlet	378	
TDS	Perendaman	361	2000 mg/L
	Pencucian	187	
	Penggumpalan	2070	
	Pencetakan	1459,5	
	Outlet	1530	
Suhu	Perendaman	29,4	3°C terhadap suhu udara
	Pencucian	30,1	
	Penggumpalan	55	
	Pencetakan	46	
	Outlet	31,6	
pH	Perendaman	6	
	Pencucian	7	
	Penggumpalan	4	
	Pencetakan	5	
	Outlet	5,5	

Berdasarkan data karakteristik air limbah di pabrik tahu maju jaya, kandungan tiap parameter pada outlet melebihi Baku Mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Pada data karakteristik tersebut terdapat 2 kandungan tinggi yaitu COD dan BOD. Sehingga penerapan teknologi yang cocok dalam kondisi kandungan parameter COD dan BOD tinggi yaitu dengan menggunakan teknologi biofilter anaerobik – aerobik.

5.3 Kuantitas Air Limbah Yang Akan Diolah

Data kuantitas atau debit air limbah pabrik tahu maju jaya diperoleh dari penelitian tugas akhir rekan saya, Reymandha Aprilia Hutami dengan judul Kajian Peluang Minimisasi Limbah Cair Pada Industri Tahu Bu Ning dan Maju Jaya. Data yang digunakan hanya yang berasal dari pabrik tahu maju jaya saja. Berikut data debit yang didapatkan :

Tabel 5.2 Data Debit Air Limbah Pabrik Maju Jaya

Proses	Jumlah kedelai rata - rata	kebutuhan air	debit air limbah terukur
	kg/hari	liter/hari	liter/hari
Perendaman	153	358,8	277,4
Pencucian		527,75	493,72
Penggilingan		676,05	-
Pemasakan		642,67	-
Filtrasi		1265,08	-
Penggumpalan		469,92	941,00
Pencetakan		-	888,25
	rata - rata	3940,3	2600,4

Berdasarkan data debit air limbah pabrik maju jaya di atas, dapat disimpulkan bahwa debit air limbah yang di hasilkan sebesar 2,6 m³/hari. Pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pabrik maju jaya perlu diperhatikan juga adanya *Factor Safety* atau biasa disebut faktor keamanan. Dikarenakan kenaikan beban atau produksi tahu ketika sedang ada permintaan lebih tidak terlalu signifikan. Sehingga *Factor Safety* atau biasa disebut faktor keamanan yang diambil sekitar 50% dari total debit perencanaan. Dengan demikian, debit air limbah perencanaan menjadi 4 m³/hari.

5.4 Beban Pengolahan

Pada perencanaan IPAL perlu menghitung beban pengolahan. Hasil beban pengolahan air limbah tersebut didapatkan dari besaran parameter sebelum perencanaan yang di kalikan dengan efisiensi masing-masing unit perencanaan dari masing-masing parameter. Berikut tabel beban pengolahan perencanaan IPAL di Pabrik Tahu Maju Jaya dapat dilihat pada **Tabel 5.3**, **Tabel 5.4**, **Tabel 5.5**, **Tabel 5.6**, dan **Tabel 5.7** :

Tabel 5.3 Beban Pengolahan Perencanaan

Parameter	Konsentrasi (g/m ³)	Debit (m ³ /hari)	Beban Pengolahan	
			g/hari	kg/hari
pH	5,5	-	-	-
BOD	1693,9	4	6775,60	6,78
COD	1808	4	7232,00	7,23
TSS	378	4	1512,00	1,51

Tabel 5.4 Effisiensi Bak Anaerobik

Bak Anaerobik							
Parameter	Influent (g/hari)	Influent (kg/hari)	Removal	Inf. Removal (g/hari)	Inf. Removal (kg/hari)	Effluent (g/hari)	Effluent (kg/hari)
BOD**	6775,60	6,78	80%	5420,48	5,42	1355,12	1,36
COD*	7232,00	7,23	80%	5785,60	5,79	1446,40	1,45
TSS**	1512,00	1,51	80%	1209,60	1,21	302,40	0,30

Sumber : *Fibria, **Nusa Idaman & Heru

Tabel 5.5 Effisiensi Bak Aerobik

Bak Aerobik							
Parameter	Influent (g/hari)	Influent (kg/hari)	Removal	Inf. Removal (g/hari)	Inf. Removal (kg/hari)	Effluent (g/hari)	Effluent (kg/hari)
BOD *	67,76	1,36	75%	50,82	1,02	16,94	0,34
COD **	72,32	1,45	75%	54,24	1,08	18,08	0,36
TSS ***	15,12	0,30	75%	11,34	0,23	3,78	0,08

Sumber : *Yuniarti, **S.Hidayanti, *D.Mufida**

Tabel 5.6 Effisiensi Clarifier

Bak Clarifier / Sedimentasi Akhir							
Parameter	Influent (g/hari)	Influent (kg/hari)	Removal	Inf. Removal (g/hari)	Inf. Removal (kg/hari)	Effluent (g/hari)	Effluent (kg/hari)
BOD	0,85	0,34	88%	0,75	0,30	0,10	0,04
COD	0,90	0,36	73%	0,66	0,26	0,24	0,10
TSS	0,19	0,08	50%	0,09	0,04	0,09	0,04

Sumber : Metchalft & Eddy

Tabel 5.7 Perbandingan Dengan Baku Mutu

Parameter	Effluent			PP No. 82 Tahun 2001	Perda DIY No. 7 Tahun 2016
	g/hari	kg/hari	mg/l	mg/l	mg/L
BOD	0,10	0,04	0,03	3	150
COD	0,24	0,10	0,06	25	300
TSS	0,09	0,04	0,02	50	200

Berdasarkan hasil perhitungan dan perbandingan beban pengolahan dengan teknologi dan unit-unit yang telah dipilih sebagai perencanaan terbukti tidak menghasilkan konsentrasi air limbah yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yang mengacu pada baku mutu PP 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Kualitas Air dan Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Air hasil pengolahan IPAL tersebut direncanakan akan digunakan kembali untuk air kelas 3 pada Tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Kualitas Air yaitu sebagai sarana/prasarana budidaya ikan air tawar, perternakan, dan pengairan pertanian. Air hasil pengolahan IPAL akan dijadikan sebagai air untuk menyiram tanaman seperti tanaman hidroponik dimana air tersebut akan ditampung terlebih dahulu pada bak penampung setelah bak clarifier.

5.5 Perhitungan Desain Perencanaan IPAL

Dikarenakan terbatasnya lahan yang dapat digunakan sebagai tempat perencanaan IPAL, maka perhitungan dalam desain perencanaan IPAL dibuat menjadi 2 alternatif yaitu alternatif pertama dengan pengadaan lahan dan alternatif kedua dengan optimalisasi unit atau lahan. Berikut perhitungan pada masing-masing alternatif :

5.5.1 Alternatif 1

5.5.1.1 Desain Unit Bak Ekualisasi

Unit bak ekualisasi berperan sebagai bak penampung awal air limbah yang masuk di dalam bak ekualisasi. Pada bak ekualisasi dilengkapi dengan pompa *submersible* yang berfungsi untuk memompakan air limbah yang ada di bak ekualisasi ke unit setelahnya yaitu bak anaerobik. Berikut perhitungan bak ekualisasi :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Waktu tinggal = 4 Jam
- H (kedalaman atau tinggi) = 1 meter
- Diameter inlet dan outlet = 0,075 meter
- Slope removal = 0,02
- pH = 5,5
- Konsentrasi H⁺ = 10⁻¹M
- Mr Ca(OH)₂ = 74 gram/mol

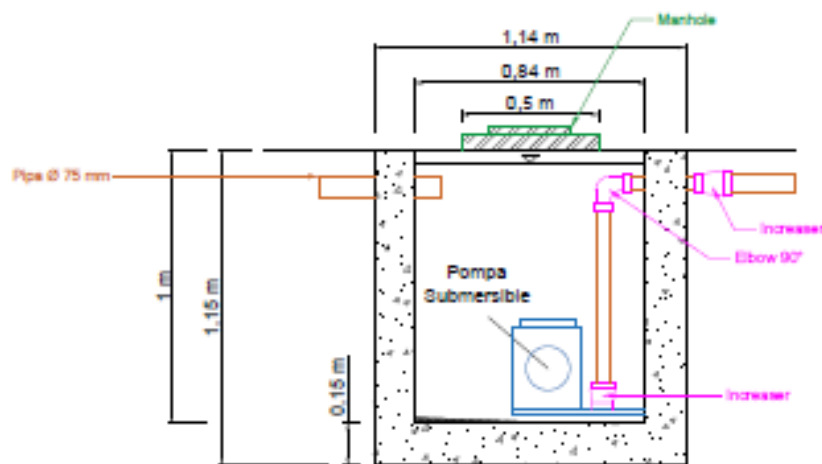
Perhitungan :

- $V = Q \times t$
= 0,16 m³/jam x 4 Jam
= 0,6 m³
- $A = \frac{0,6 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$
= 0,6 m²
- Dimensi Bak :
A = p x l
0,6 = L²
L = 0,77 m
P = 0,77 m
- Cek Volume total sebenarnya :
V = P x L x T
= 0,77 x 0,77 x 1 = 0,6 m³

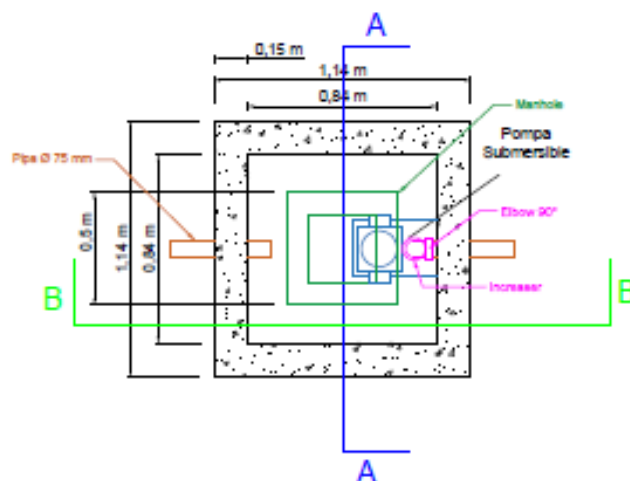
- Penambahan Kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

Berguna untuk menstabilkan dan menetralkan kandungan pH. Berikut perhitungannya dengan debit dalam satuan liter (4000 liter per hari) dan pembuatan larutan sebesar 2 M dalam 1 liter :

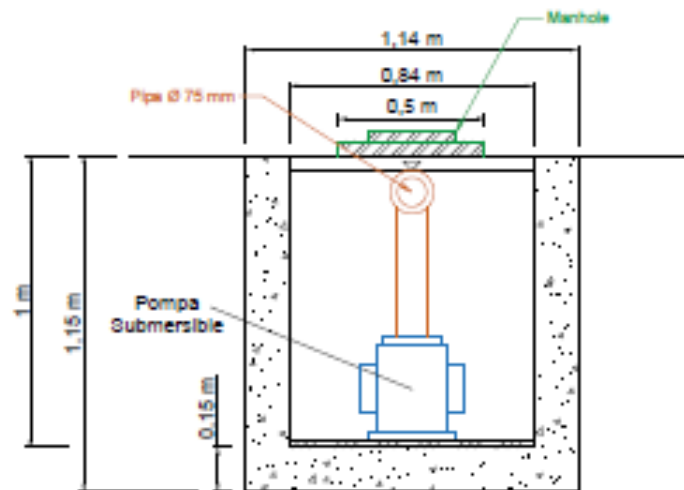
- $M = (\text{massa}/\text{mr}) / v$
 $2 = (\text{massa}/74) / 1 \text{ l} = 148 \text{ gram / liter}$
- $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $4000 \text{ liter per hari} \times 10^{-1} \text{ M} = 2 \text{ M} \times V_2$
 $V_2 = 200 \text{ liter / hari}$
- Massa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada volume 200 liter / hari :
 $= 200 \text{ liter / hari} \times 148 \text{ gram / liter}$
 $= 29600 \text{ gram / hari} \sim 29,6 \text{ kg / hari}$



Gambar 5.7 Unit Bak Ekualiasi Tampak Samping



Gambar 5.8 Unit Bak Ekualiasi Tampak Atas



Gambar 5.9 Unit Bak Ekualisasi Tampak Depan

5.5.1.2 Perhitungan Pompa Submersible

Pompa Submersible dibutuhkan untuk memompa air limbah dan lumpur yang mengendap dan terkumpul pada bak ekualisasi menuju ke pengolahan selanjutnya yaitu bak anaerobik. Berikut perhitungan pompa :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam ~ 0,000044 m³/detik
- Waktu beroperasi = 10 Jam (Sumber : D.Mufida dkk, 2017)
- Koefisien Kekasaran = 150 (Ir. Darwwizal Daoed dan Deki Yasnova, 2015)
- Panjang Pipa = 5,73 m

Perhitungan :

- Head Statis = 1 meter

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times 3}} = \sqrt{\frac{4 \times \left(\frac{0,16 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times \frac{1}{86400}\right)}{\pi \times 3}} = 0,0043 \text{ m} = 4,3 \text{ mm}$$

Digunakan 75 mm sesuai yang ada dipasaran

- Hf Mayor :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Hf Suction} &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 0,45 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,075)^{2,63})^{1,85}} \\ &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 0,45 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,075)^{2,63})^{1,85}} \\ &= 0,0000012 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Hf Discharge} &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 1,13 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,05+0,075)^{2,63})^{1,85}} \\ &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 1,13 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,05+0,075)^{2,63})^{1,85}} \\ &= 0,0000059 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Hf Mayor} &= 0,0000012 \text{ m} + 0,0000059 \text{ m} \\ &= 0,0000071 \text{ meter} \end{aligned}$$

- Hf Minor :

Headloss Elbow 90° dan Increaser (K=0,3), sedangkan untuk kecepatan kriteria desain ($v = 0,3 - 3 \text{ m/s}$) :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ H}_{\text{Elbow}} &= nx \frac{k \times v^2}{2g} = 1x \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,14 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ H}_{\text{Increaser}} &= nx \frac{k \times v^2}{2g} = 2x \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,27 \text{ meter} \end{aligned}$$

- Sisa tekan yang diinginkan sebesar 0,3 meter

$$\begin{aligned} \text{- Head total} &= 1 \text{ m} + 0,0000071 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,27 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + \left(\frac{3^2}{2 \times 9,81}\right) \\ &= 2,17 \text{ meter} \end{aligned}$$

- Daya Pompa :

$$\begin{aligned} P &= \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\text{efisiensi Pompa}} \\ &= \frac{1000 \times 9,81 \times 0,000044 \times 2,17}{80\%} \\ &= 1,17 \text{ watt} = 0,0012 \text{ kwatt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Flowrate} &= \frac{Q}{T} \\ &= \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{jam}}{10 \text{ Jam}} \\ &= 0,016 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,3 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

5.5.1.3 Desain Unit Bak Anaerobik

Bak unit anaerobik menggunakan media filter sarang tawon (*honey comb*) yang bertipe *crossflow*. Bak anaerobik berperan dalam pengolahan air limbah terkhusus dalam menurunkan konsentrasi BOD pada air limbah. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Perkiraan suhu = 31,6° ~ 32°
- H (kedalaman atau ketinggian) = 1 meter
- BOD_{in} = 1693,9 mg/l
= 1693,9 g/m³
- COD_{in} = 1808 mg/l
= 1808 g/m³
- Efisiensi removal = 60 – 90 % (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Efisiensi removal yang dipakai = 80 %
- BOD_{out} = 25% x 1693,9 mg/l
= 423,47 mg/l
- COD_{out} = 25% x 1808 mg/l
= 452 mg/l

Perhitungan :

a. Beban BOD dan COD dalam limbah :

- BOD = Q x kadar BOD
= 4 m³/hari x 1693,9 g/m³
= 6775,6 g/hari ~ 6,77 kg/hari
- COD = Q x kadar COD
= 4 m³/hari x 1808 mg/l
= 7232 g/hari ~ 7,23 kg/hari

b. Besar BOD dan COD yang dihilangkan :

- BOD = efisiensi x beban BOD

$$= 80\% \times 6,77 \text{ kg/hari}$$

$$= 5,42 \text{ kg/hari}$$

- COD = efisiensi x beban COD

$$= 80\% \times 7,23 \text{ kg/hari}$$

$$= 5,78 \text{ kg/hari}$$

c. Volume media filter :

- Standar beban BOD untuk *high rate*

$$= 0,6 - 3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (Sumber : Metcalf \& Eddy, 2003)}$$

- Volume
$$= \frac{\text{beban BOD}}{\text{standar beban BOD}}$$

$$= \frac{5,42 \text{ kg/hari}}{3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$$

$$= 1,69 \text{ m}^3 \sim 1,7 \text{ m}^3$$

d. Volume bak anaerobik :

- Berdasarkan Departemen PU, Pd-T-04-2005-C, 2005 sebesar 60 % dari volume efektif

- Volume
$$= 100/60 \times \text{volume media biofilter}$$

$$= 100/60 \times 1,7 \text{ m}^3 = 2,83 \text{ m}^3$$

- Jumlah media filter
$$= 2,83 / 0,022 = 128 \text{ buah}$$

$$= 128 : 2$$

$$= 64 \text{ buah}$$

- Direncanakan memiliki 2 ruang pada 1 bak anaerobik :

$$\text{Volume reaktor rerata} = 2,83 \text{ m}^3 : 2$$

$$= 1,41 \text{ m}^3$$

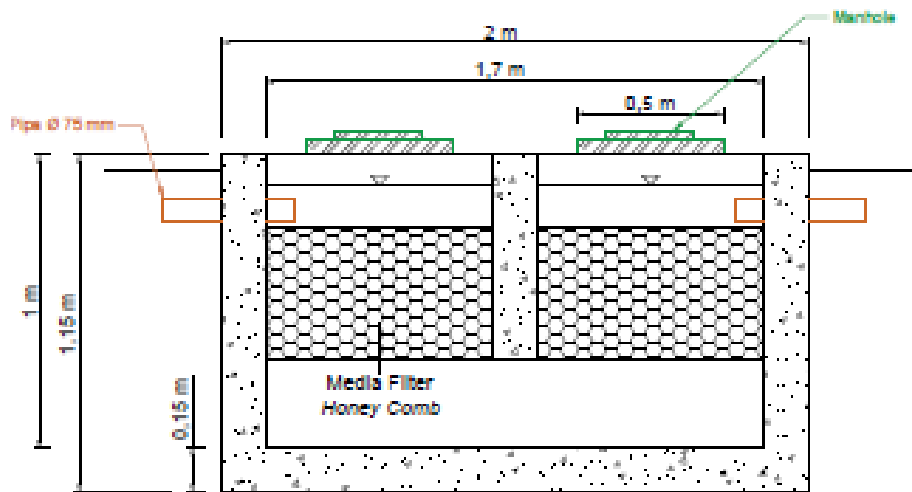
e. Waktu tinggal (waktu detensi) :

- Waktu tinggal
$$= \frac{\text{volume reaktor}}{Q} \times 24 \text{ jam}$$

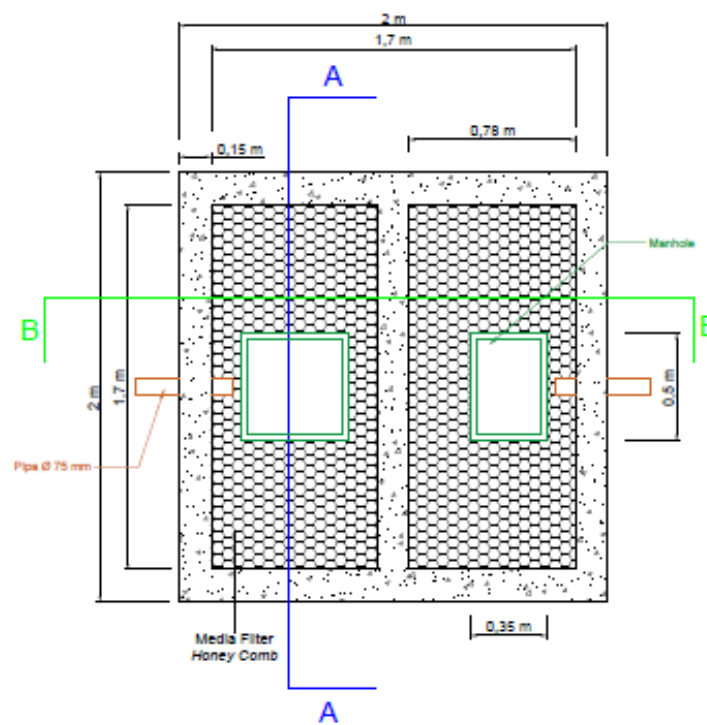
$$= \frac{1,41 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 8 \text{ jam / bak}$$

f. Dimensi bak anaerobik :

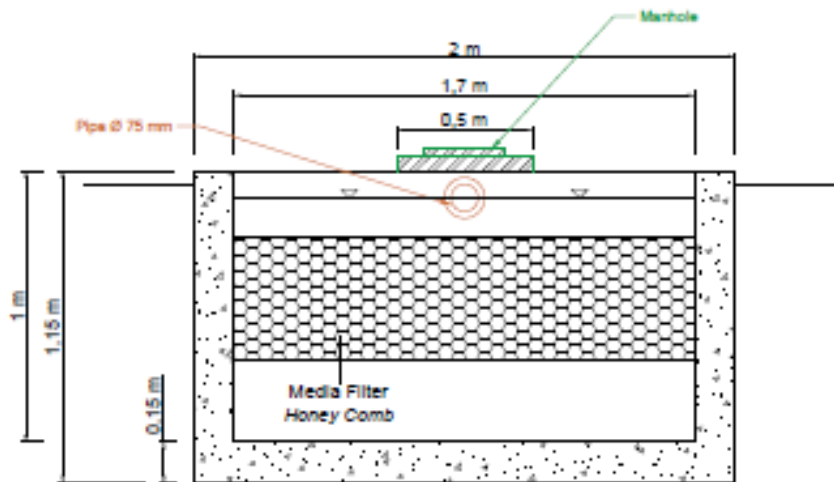
- P = 1,7 meter
- L = 1,7 meter
- H = 1 meter
- V = P x L x H
= 1,6 x 1,6 x 1
= 2,89 m³



Gambar 5.10 Unit Bak Anaerobik Tampak Samping



Gambar 5.11 Unit Bak Anaerobik Tampak Atas



Gambar 5.12 Unit Bak Anaerobik Tampak Depan

5.5.1.4 Desain Unit Bak Aerobik

Unit bak aerobik menggunakan media filter yang sama seperti pada bak anaerobik yaitu media filter sarang tawon (*honey comb*). Pada bak aerobik juga dilengkapi dengan *blower udara* yang berperan sebagai aerator. Berikut perhitungannya :

Data Perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Perkiraan suhu = 38,42°
- H (kedalaman atau ketinggian) = 1 meter
- BOD_{in} = 423,47 mg/l
= 423,47 g/m³
- COD_{in} = 452 mg/l
= 452 g/m³
- Effisiensi removal = 95 % (Sumber : Nusa Idaman & Heru,1999)
- BOD_{out} = 5% x 423,47 mg/l
= 21,17 mg/l
- COD_{out} = 5% x 452 mg/l
= 22,6 mg/l

Perhitungan :

a. Beban BOD dan COD dalam limbah :

- BOD = $Q \times \text{kadar BOD dari bak anerobik}$
 = $4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 423,47 \text{ g/m}^3$
 = $1693,88 \text{ g/hari} \sim 1,69 \text{ kg/hari}$
- COD = $Q \times \text{kadar COD dar bak anaerobik}$
 = $4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 452 \text{ g/m}^3$
 = $1808 \text{ g/hari} \sim 1,81 \text{ kg/hari}$

b. Besar BOD dan COD yang dihilangkan :

- BOD = $\text{effisiensi} \times \text{beban BOD}$
 = $95\% \times 1,69 \text{ kg/hari}$
 = $1,61 \text{ kg/hari}$
- COD = $\text{effisiensi} \times \text{beban COD}$
 = $95\% \times 2,42 \text{ kg/hari}$
 = $2,29 \text{ kg/hari}$

c. Volume media filter :

- Standar beban BOD untuk *high rate*
 = $0,6 - 3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$ (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Volume = $\frac{\text{beban BOD}}{\text{standar beban BOD}} = \frac{1,61 \text{ kg/hari}}{3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$
 = $0,5 \text{ m}^3$

d. Volume bak aerobik :

- Berdasarkan Departemen PU, Pd-T-04-2005-C, 2005 sebesar 55 % dari volume efektif
- Volume = $100/55 \times \text{volume media biofilter}$
 = $100/55 \times 0,5 \text{ m}^3$
 = $0,9 \text{ m}^3$

e. Waktu tinggal pada bak aerobik :

- Waktu tinggal $= \frac{\text{volume reaktor}}{Q} \times 24 \text{ jam}$
 $= \frac{0,9 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam}$
 $= 5 \text{ jam}$

f. Dimensi bak aerobik :

- Ruang media filter :

$$P = 0,65 \text{ meter}$$

$$L = 0,7 \text{ meter}$$

$$H = 1 \text{ meter}$$

$$V = P \times L \times H$$

$$= 0,65 \times 0,7 \times 1 = 0,45 \text{ m}^3$$

- Ruang aerasi :

$$P = 0,65 \text{ meter}$$

$$L = 0,7 \text{ meter}$$

$$H = 1 \text{ meter}$$

$$V = P \times L \times H$$

$$= 0,65 \times 0,7 \times 1 = 0,45 \text{ m}^3$$

- Total volume efektif :

- Volume total = vol. efektif media filter + vol. efektif aerasi

$$= 0,45 \text{ m}^3 + 0,45 \text{ m}^3$$

$$= 0,9 \text{ m}^3$$

g. Jumlah Total Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan memiliki volume $0,022 \text{ m}^3$ sarang tawon (*honey comb*) tipe *crossflow*. Ukuran standar media $03 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$. berikut perhitungannya:

- Jumlah media filter $= 0,9 / 0,022$

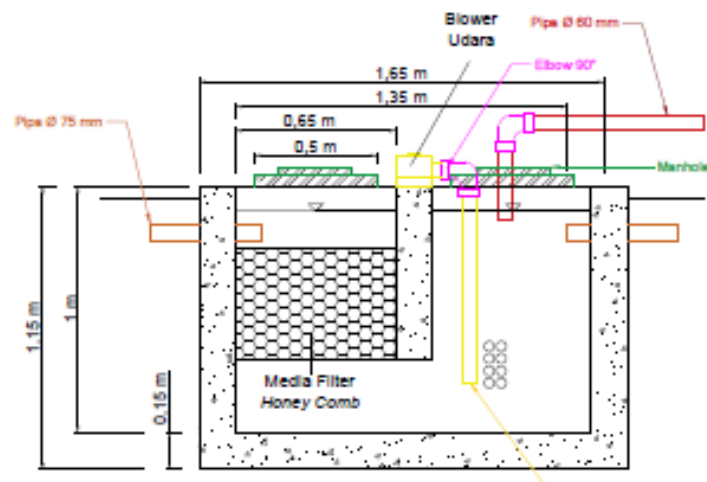
$$= 41 \text{ buah}$$

h. Cek beban BOD per volume media filter ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$) :

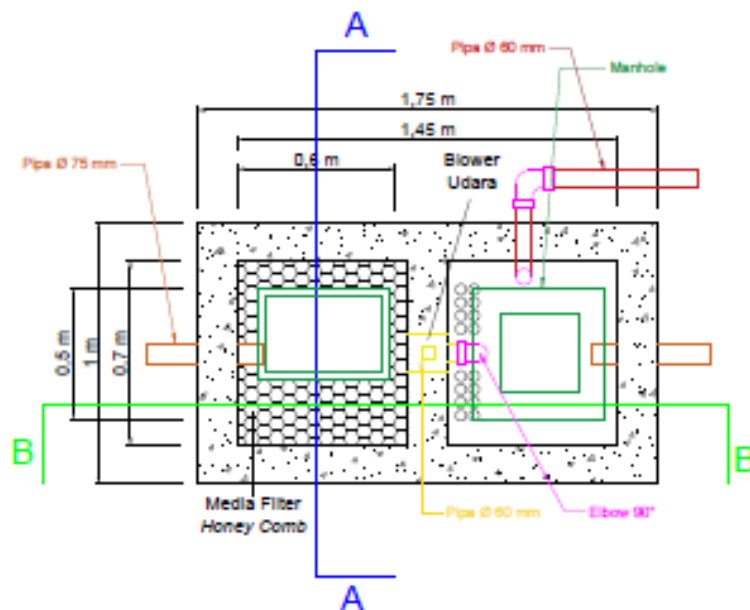
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{beban BOD}}{\text{volume media}} \\
 &= \frac{1,69 \text{ kg/hari}}{0,5 \text{ m}^3} \\
 &= 3,4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

i. Cek waktu tinggal volume efektif bak aerobik :

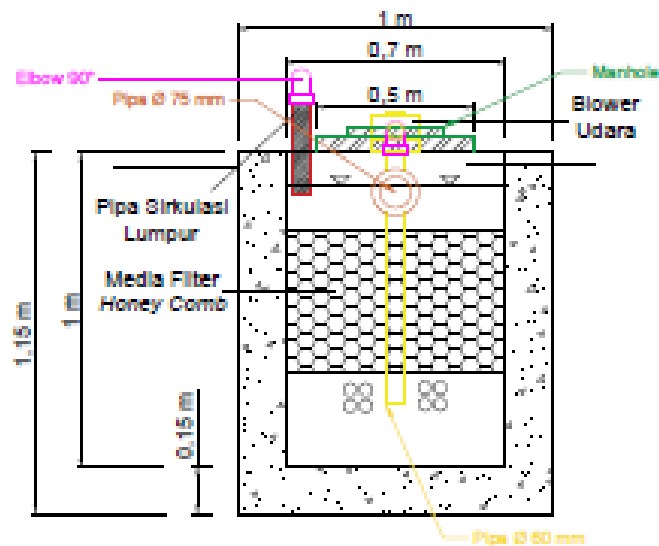
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume efektif}}{Q} \times 24 \text{ jam} \\
 &= \frac{0,9 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.13 Unit Bak Aerobik Tampak Samping



Gambar 5.14 Unit Bak Aerobik Tampak Atas



Gambar 5.15 Unit Bak Aerobik Tampak Depan

5.5.1.5 Perhitungan *Blower Udara*

Penentuan *blower udara* ditentukan dengan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk meremoval beban BOD. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Kebutuhan oksigen = jumlah BOD yang dihilangkan = 1,61 kg/hari

Perhitungan :

- *Factor safety* atau faktor keamanan :
 - *Factor safety* = 1,6 untuk *packing* plastik *crossflow*
(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
 - Kebutuhan oksigen
= *Factor safety* x beban BOD
= 1,6 x 1,61
= 2,58 kg/hari
- Kebutuhan udara teoritis untuk menentukan kapasitas blower udara :
 - Berdasarkan Metcalf & Eddy, 2003, presentase oksigen diudara sebesar 23,18%

- Suhu udara rerata bak aerobik = 30°C
- P (tekanan atmosfer) = 1,01325.10⁵ N/m²
- M (mol udara) = 28,97 kg/kg-mol
- R (konstanta gas universal) = 8314 N.m/kg-mol.K
- $\rho_a = \frac{P.M}{R.T} = \frac{(1,01325.10^5 \text{ N/m}^2) \times (28,97 \text{ kg/kg-mol})}{(8314 \text{ N.m/kg-mol.K}) \cdot (273,15 + 30)}$
= 1,16 kg/m³
- Jumlah kebutuhan udara :
= $\frac{2,58 \text{ kg/hari}}{1,16 \text{ kg/m}^3 \times 23,18\%}$
= 2,22 m³/hari
- Kebutuhan udara aktual :
 - Effisiensi *blower udara* adalah 9-12% tipe rigid porous plastic tubes, single spiral roll (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
 - Effisiensi *blower udara* yang digunakan sebesar 12%
 - Kebutuhan udara aktual
= $\frac{\text{jumlah keb.udara teoritis}}{\text{effisiensi blower udara}}$
= $\frac{2,22 \text{ m}^3/\text{hari}}{12\%}$
= 18,5 m³/hari ~ 12,85 liter/menit

5.5.1.6 Desain Unit Clarifier (Bak Pengendap Akhir)

Pada unit clarifier, sisa lumpur dari pengolahan sebelumnya akan disirkulasikan kembali ke bak anaerobik dengan menggunakan pompa secara terus menerus. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- BOD_{in} = 21,17 mg/l
= 21,17 g/m³
- COD_{in} = 22,6 mg/l
= 22,6 g/m³

- Waktu tinggal = 2 - 4 jam (Sumber : Nusa Idaman & Heru, 1999)
- Waktu tinggal yang digunakan adalah 4 jam
- $BOD_{out} = 5\% \times 21,17 \text{ mg/l}$
 $= 1,05 \text{ mg/l}$
- $COD_{out} = 5\% \times 22,6 \text{ mg/l}$
 $= 1,13 \text{ mg/l}$
- Standar perencanaan untuk clarifier adalah *rectangular* dan *circular clarifier* (Sumber : Ronald L. Droste, 1997) :
 - o H maks = 4,9 meter
 - o Panjang maks = 75 meter
 - o Diameter maks = 38 meter
 - o *Overflow rate* = 16 - 29 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$
 - o *Floor slope* = 1:12

Perhitungan :

- Volume clarifier :

$$\begin{aligned}
 - \text{Vol} &= \frac{\text{waktu tinggal}}{24 \text{ jam}} \times Q \\
 &= \frac{4 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Dimensi clarifier :

Unit clarifier direncanakan berbentuk silinder dengan lantai dasar berbentuk kerucut. Tujuan berbentuk kerucut pada lantai bak clarifier berguna untuk mengumpulkan endapan lumpur sehingga lumpur menjadi mudah di pompa sekaligus sebagai penjernih. Berikut penentuan dimensi bak clarifier :

- Diameter = 0,8 meter
- Tinggi silinder = 1 meter
- Tinggi kerucut = 0,5 meter
- Volume silinder $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \times 1$
 $= 0,5 \text{ m}^3$
- Volume kerucut $= \frac{1}{3} \times \pi \times d^2 \times t = \frac{1}{3} \times \pi \times 0,8^2 \times 0,3$

- Volume total $= 0,2 \text{ m}^3$
 $= 0,5 \text{ m}^3 + 0,2 \text{ m}^3$
 $= 0,7 \text{ m}^3$
- Tebal dinding $= 15 \text{ cm} \sim 0,15 \text{ m}$

- Cek waktu tinggal rata-rata :

$$= \frac{\text{volume efektif}}{\text{Q air limbah}} \times 24 \text{ jam}$$

$$= \frac{0,7 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 4,2 \text{ jam} \sim 4 \text{ jam}$$

- *Surface loading* rata-rata :

$$= \frac{\text{Q air limbah}}{\text{PxL}}$$

$$= \frac{4 \text{ m}^3/\text{hari}}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2\right)}$$

$$= 7,95 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \sim 8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

- Cek waktu tinggal saat beban puncak :

Beban puncak diasumsikan $2 \times \text{Q air limbah}$

- Waktu tinggal puncak $= 4 \text{ jam} / 2$

$$= 2 \text{ jam}$$

- *Surface loading* rata-rata saat beban puncak :

$$= 2 \times \text{Surface loading rata-rata}$$

$$= 2 \times 8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

$$= 16 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

- Produksi Lumpur

Kriteria spesifikasi gravitasi (1030 kg/ m^3), solid konten (4,5 %), berikut perhitungannya :

- Konsentrasi TSS didapat dari removal dari proses anaerobik, aerobik, dan clarifier sebesar $4,72 \text{ g/m}^3$

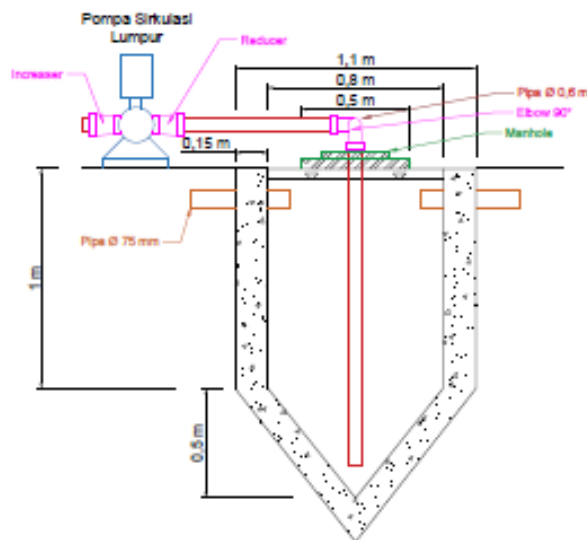
- Jumlah produksi solid (BOD) :

$$= \frac{21,17 \text{ g/m}^3 \times 0,5 \times 4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000 \text{ g/kg}} = 0,042 \text{ kg/hari}$$
- Jumlah produksi solid (TSS) :

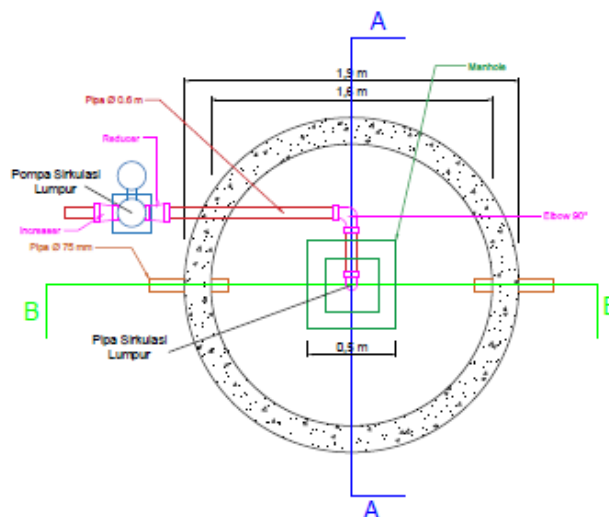
$$= \frac{4,72 \text{ g/m}^3 \times 0,5 \times 4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000 \text{ g/kg}} = 0,0095 \text{ kg/hari}$$
- Total produksi lumpur :

$$= 0,042 \text{ kg/hari} + 0,0095 \text{ kg/hari} = 0,052 \text{ kg/hari}$$
- Ratio sirkulasi lumpur antara 50 – 100 % (diinginkan 50%)

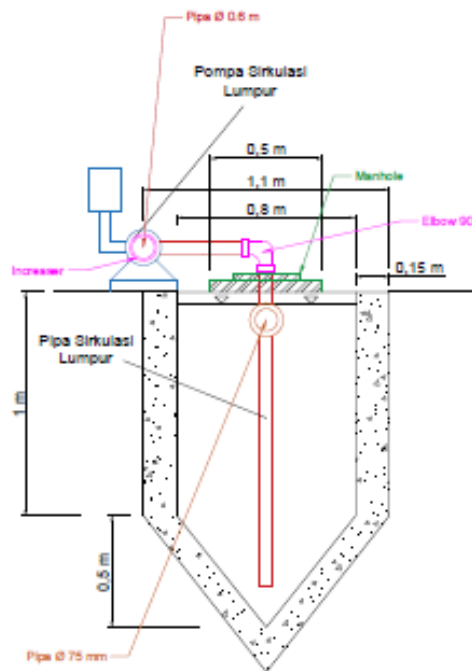
$$= \frac{0,052 \text{ kg/hari}}{2} = 0,026 \text{ kg/hari}$$



Gambar 5.16 Unit Clarifier Tampak Samping



Gambar 5.17 Unit Clarifier Tampak Atas



Gambar 5.18 Unit Clarifier Tampak Depan

5.5.1.7 Perhitungan Pompa Sirkulasi Lumpur

Pompa sirkulasi lumpur berfungsi mensirkulasi kembali lumpur yang mengendap dan terkumpul pada bak clarifier menuju bak aerobik agar terolah kembali. Berikut perhitungan pompa sirkulasi lumpur:

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam ~ 0,000044 m³/detik
- Waktu beroperasi = 10 Jam (Sumber : D.Mufida dkk, 2017)
- Koefisien Kekasaran = 150 (Ir. Darwizal Daoed dan Deki Yasnova, 2015)
- Panjang Pipa = 19,65 m

Perhitungan :

- Head Statis = 2,62 meter

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times 3}} = \sqrt{\frac{4 \times \left(\frac{0,16 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times \frac{1}{86400}\right)}{\pi \times 3}} = 0,0043 \text{ m} = 4,3 \text{ mm}$$

Digunakan 60 mm sesuai yang ada dipasaran

- Hf Mayor :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Hf Suction} &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 2,62 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}} \\ &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 2,62 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}} \\ &= 0,0000205 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Hf Discharge} &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 17,03 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}} \\ &= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 17,03 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}} \\ &= 0,00013 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Hf Mayor} &= 0,0000205 \text{ m} + 0,00013 \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ meter} \end{aligned}$$

- Hf Minor :

Headloss Elbow 90°, reducer, dan inncreaser (K=0,3), sedangkan kecepatan kriteria desain ($v = 0,3 - 3 \text{ m/s}$) :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ H}_{\text{Elbow}} &= nx \frac{k \times v^2}{2g} = 8x \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81} \\ &= 1,10 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ H}_{\text{Reducer}} &= nx \frac{k \times v^2}{2g} = 1x \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,14 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ H}_{\text{Incraser}} &= nx \frac{k \times v^2}{2g} = 1x \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,14 \text{ meter} \end{aligned}$$

- Sisa tekan yang diinginkan sebesar 0,3 meter

$$\begin{aligned} \text{- Head total} &= 2,62 \text{ m} + 0,00015 \text{ m} + 1,10 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + \\ &\quad \left(\frac{3^2}{2 \times 9,81}\right) \\ &= 4,76 \text{ meter} \end{aligned}$$

- Daya Pompa :

$$\begin{aligned} P &= \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\text{efisiensi Pompa}} \\ &= \frac{1000 \times 9,81 \times 0,000044 \times 4,76}{80\%} \\ &= 2,56 \text{ watt} = 0,0026 \text{ kwatt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Flowrate} &= \frac{Q}{T} \\
 &= \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{jam}}{10 \text{ Jam}} \\
 &= 0,016 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,3 \text{ liter/menit}
 \end{aligned}$$

5.5.1.8 Desain Unit Bak Penampung Sementara

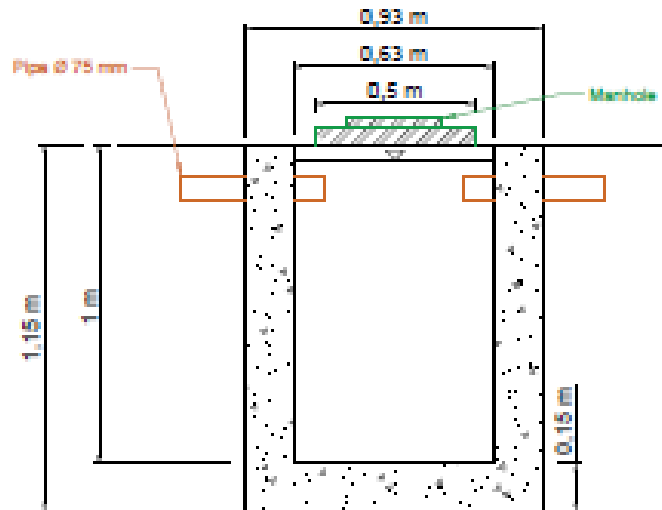
Bak penampung ini berperan sebagai penampung awal air dari hasil pengolahan IPAL yang kemudian tertampung sementara di dalam bak tersebut. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

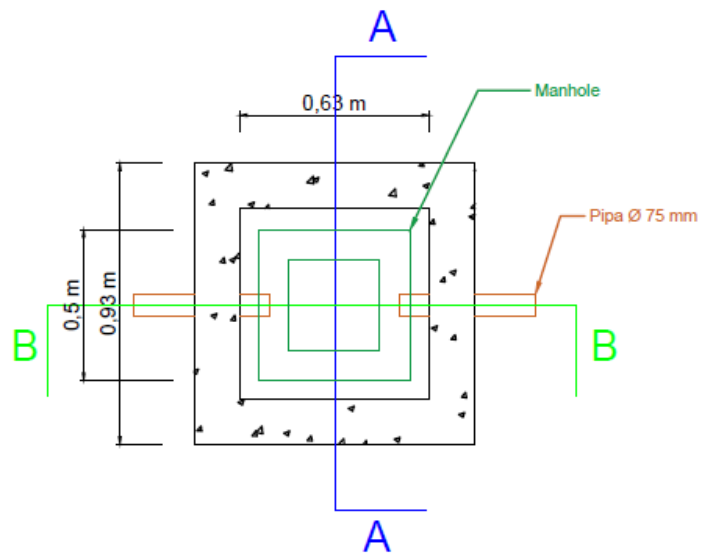
- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Waktu tinggal (diasumsikan) = 2 jam
- H (kedalaman atau ketinggian) = 1 meter

Perhitungan :

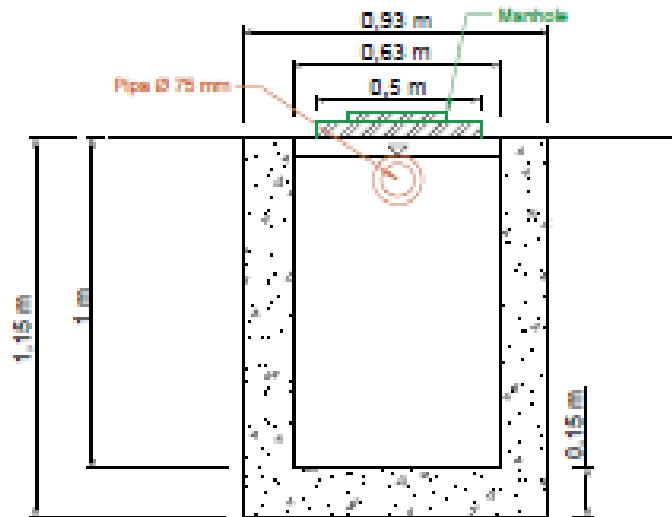
- $V = Q \times t$
= 0,16 m³/jam x 2 Jam
= 0,32 m³
- $A = \frac{0,4 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$
= 0,32 m²
- Dimensi Bak :
A = p x l
0,32 = L²
L = 0,6 m
P = 0,6 m
- Cek Volume total sebenarnya :
V = P x L x T
= 0,6 x 0,6 x 1
= 0,36 m³ ~ 0,4 m³



Gambar 5.19 Unit Bak Penampung Sementara
Tampak Samping



Gambar 5.20 Unit Bak Penampung Sementara
Tampak Atas



Gambar 5.21 Unit Bak Penampung Sementara
Tampak Atas

5.5.2 Alternatif 2

5.5.2.1 Desain Unit Bak Ekualisasi

Unit bak ekualisasi berperan sebagai bak penampung awal air limbah yang masuk di dalam bak ekualisasi. Pada bak ekualisasi dilengkapi dengan pompa *submersible* yang berfungsi untuk memompakan air limbah yang ada di bak ekualisasi ke unit setelahnya yaitu bak anaerobik. Berikut perhitungan bak ekualisasi :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Waktu tinggal = 4 Jam
- H (kedalaman atau tinggi) = 0,5 meter
- Diameter inlet dan outlet = 4 meter
- Slope removal = 0,02

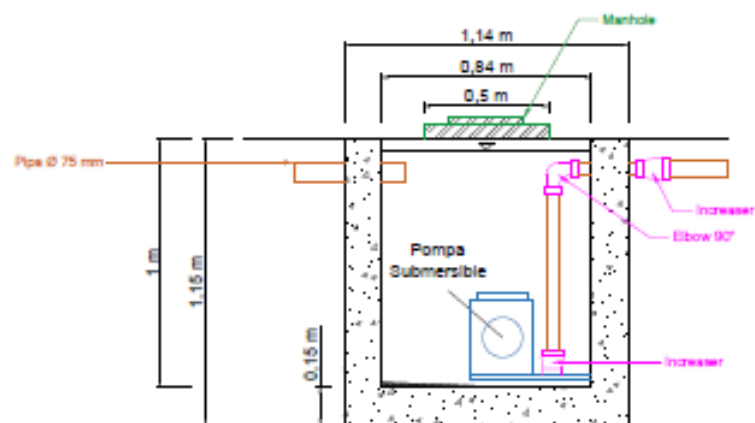
Perhitungan :

- $V = Q \times t$
= 0,16 m³/jam x 4 Jam

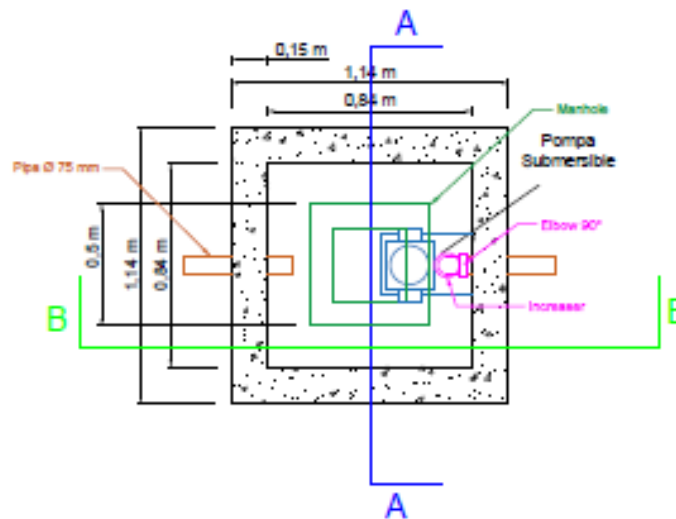
- $= 0,6 \text{ m}^3$
- $A = \frac{0,6 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$
 $= 0,6 \text{ m}^2$
 - Dimensi Bak :
 $A = p \times l$
 $0,6 = L^2$
 $L = 0,77 \text{ m}$
 $P = 0,77 \text{ m}$
 - Cek Volume total sebenarnya :
 $V = P \times L \times T$
 $= 0,77 \times 0,77 \times 1 = 0,6 \text{ m}^3$
 - Penambahan Kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

Berguna untuk menstabilkan dan menetralkan kandungan pH. Berikut perhitungannya dengan debit dalam satuan liter (4000 liter per hari) dan pembuatan larutan sebesar 2 M dalam 1 liter :

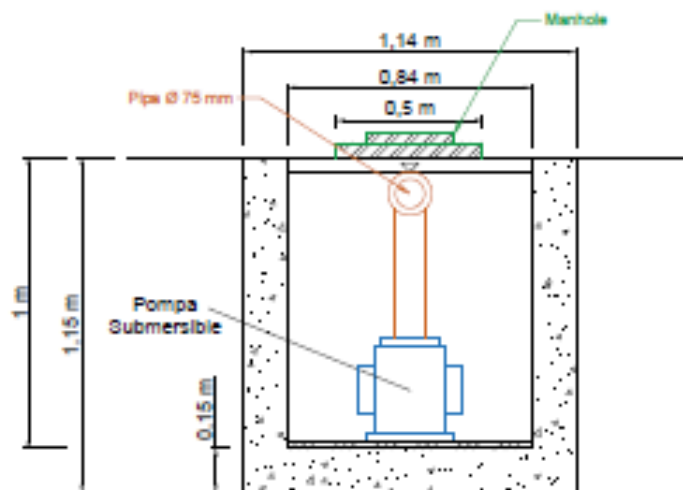
- $M = (\text{massa}/\text{mr}) / v$
 $2 = (\text{massa}/74) / 1 \text{ l} = 148 \text{ gram / liter}$
- $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $4000 \text{ liter per hari} \times 10^{-1} \text{ M} = 2 \text{ M} \times V_2$
 $V_2 = 200 \text{ liter / hari}$
- Massa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada volume 200 liter / hari :
 $= 200 \text{ liter / hari} \times 148 \text{ gram / liter} = 29600 \text{ gram / hari} \sim 29,6 \text{ kg / hari}$



Gambar 5.22 Unit Bak Ekualisasi Tampak Samping



Gambar 5.23 Unit Bak Ekualiasi Tampak Atas



Gambar 5.24 Unit Bak Ekualiasi
Tampak Depan

5.5.2.2 Perhitungan Pompa Submersible

Pompa dibutuhkan untuk memompa air limbah dan lumpur yang mengendap dan terkumpul pada bak ekualisasi menuju ke pengolahan selanjutnya yaitu bak anaerobik. Berikut perhitungan pompa :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari

- = 0,16 m³/jam ~ 0,000044 m³/detik
- Waktu beroperasi = 10 Jam (Sumber : D.Mufida dkk, 2017)
- Diameter Pipa = 165 mm
- Koefisien Kekasaran = 150 (Ir. Darwizal Daed dan Deki Yasnova, 2015)
- Panjang Pipa = 6,97 m

Perhitungan :

- Head Statis = 1 meter

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times 3}} = \sqrt{\frac{4 \times \left(\frac{0,16 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times \frac{1}{86400}\right)}{\pi \times 3}} = 0,0043 \text{ m} = 4,3 \text{ mm}$$

Digunakan 75 mm sesuai yang ada dipasaran

- Hf Mayor :

- Hf Suction = $\frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 0,45 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,075)^{2,63})^{1,85}}$
 = $\frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 0,45 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,075)^{2,63})^{1,85}}$
 = 0,0000012 meter

- Hf Discharge = $\frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 3,33 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,05+0,075)^{2,63})^{1,85}}$
 = $\frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 3,33 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,05+0,075)^{2,63})^{1,85}}$
 = 0,00000073 meter

- Hf Mayor = 0,0000012 m + 0,00000073 m
 = 0,0000019 meter

- Hf Minor :

Headloss Elbow 90° dan Increaser (K=0,3), serta kecepatan dengan kriteria desain sebesar (v = 0,3 – 3 m/s)

- H_{Elbow} = $n \times \frac{k \times v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81}$
 = 0,14 meter

- H_{Increaser} = $n \times \frac{k \times v^2}{2g} = 2 \times \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81}$
 = 0,27 meter

- Sisa tekan yang diinginkan sebesar 0,3 meter

- Head total = $1 \text{ m} + 0,0000019 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,27 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + \left(\frac{3^2}{2 \times 9,81}\right)$
= 2,17 meter
- Daya Pompa :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\text{efisiensi Pompa}}$$

$$= \frac{1000 \times 9,81 \times 0,000044 \times 2,17}{80\%}$$

$$= 1,17 \text{ watt} = 0,0017 \text{ kwatt}$$
- Flowrate = $\frac{Q}{T}$

$$= \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{jam}}{10 \text{ Jam}} = 0,016 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3 \text{ liter/menit}$$

5.5.2.3 Desain Unit Bak Anaerobik

Bak unit anaerobik menggunakan media filter sarang tawon (*honey comb*) yang bertipe *crossflow*. Bak anaerobik berperan dalam pengolahan air limbah terkhusus dalam menurunkan konsentrasi BOD pada air limbah. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Perkiraan suhu = 31,6° ~ 32°
- H (kedalaman atau ketinggian) = 1 meter
- BOD_{in} = 1693,9 mg/l
= 1693,9 g/m³
- COD_{in} = 1808 mg/l
= 1808 g/m³
- Effisiensi removal = 60 – 90 % (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Effisiensi removal yang dipakai = 80 %
- BOD_{out} = 25% x 1693,9 mg/l
= 423,47 mg/l
- COD_{out} = 25% x 1808 mg/l
= 452 mg/l

Perhitungan :

a. Beban BOD dan COD dalam limbah :

- $BOD = Q \times \text{kadar BOD}$
 $= 4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1693,9 \text{ g/m}^3$
 $= 6775,6 \text{ g/hari} \sim 6,77 \text{ kg/hari}$
- $COD = Q \times \text{kadar COD}$
 $= 4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1808 \text{ mg/l}$
 $= 7232 \text{ g/hari} \sim 7,23 \text{ kg/hari}$

b. Besar BOD dan COD yang dihilangkan :

- $BOD = \text{effisiensi} \times \text{beban BOD}$
 $= 80\% \times 6,77 \text{ kg/hari}$
 $= 5,42 \text{ kg/hari}$
- $COD = \text{effisiensi} \times \text{beban COD}$
 $= 80\% \times 7,23 \text{ kg/hari}$
 $= 5,78 \text{ kg/hari}$

c. Volume media filter :

- Standar beban BOD untuk *high rate*
 $= 0,6 - 3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$ (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Volume $= \frac{\text{beban BOD}}{\text{standar beban BOD}}$
 $= \frac{5,42 \text{ kg/hari}}{3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$
 $= 1,69 \text{ m}^3 \sim 1,7 \text{ m}^3$

d. Volume bak anaerobik :

- Berdasarkan Departemen PU, Pd-T-04-2005-C, 2005 sebesar 60 % dari volume efektif
- Volume $= 100/60 \times \text{volume media biofilter}$
 $= 100/60 \times 1,7 \text{ m}^3 = 2,83 \text{ m}^3$
- Jumlah media filter $= 2,83 / 0,022 = 118 \text{ buah}$
 $= 128 : 2$

= 64 buah

- Direncanakan memiliki 2 ruang pada 1 bak anaerobik :

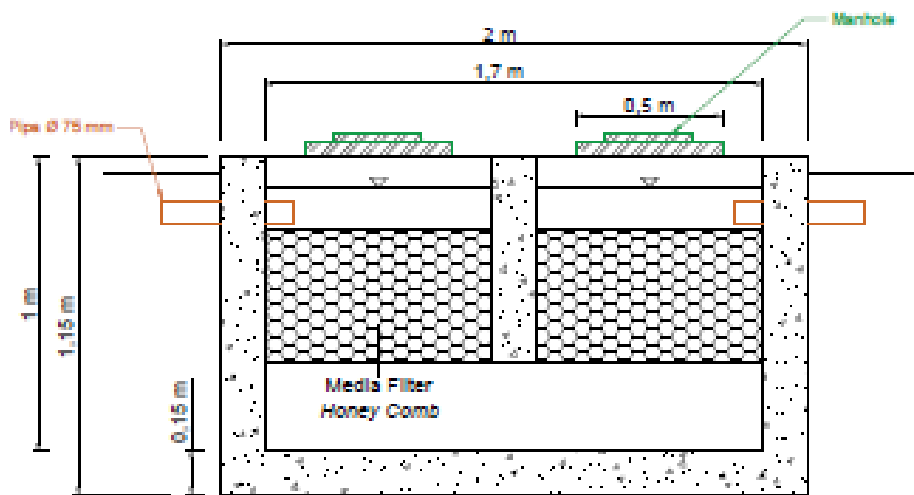
$$\begin{aligned}\text{Volume reaktor rerata} &= 2,83 \text{ m}^3 : 2 \\ &= 1,41 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- e. Waktu tinggal (waktu detensi) :

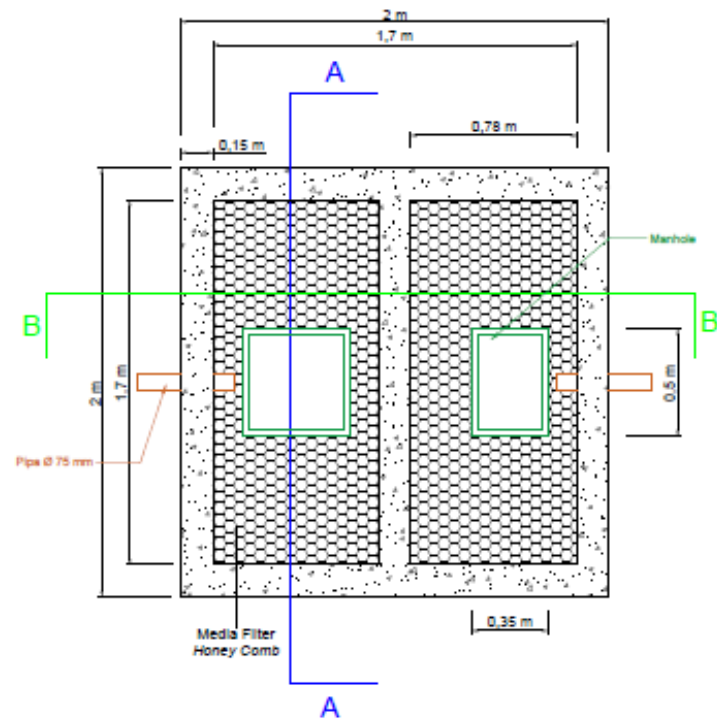
- Waktu tinggal $= \frac{\text{volume reaktor}}{Q} \times 24 \text{ jam}$
 $= \frac{1,41 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 8 \text{ jam / bak}$

- f. Dimensi bak anaerobik :

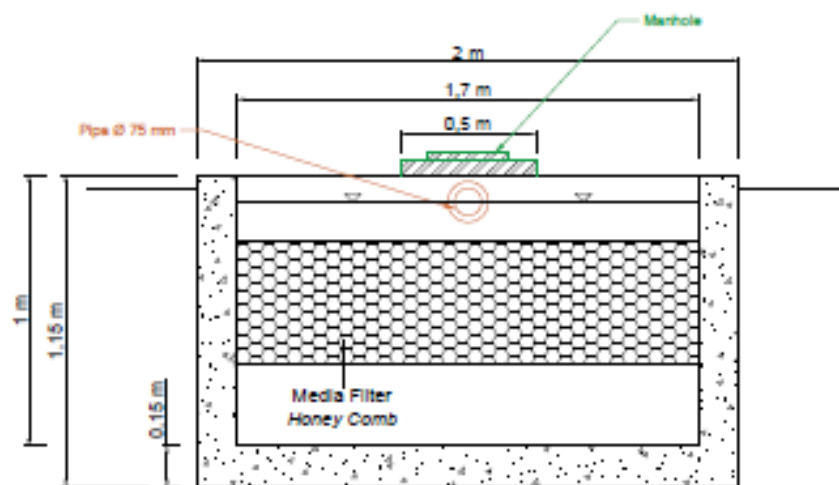
- P = 1,7 meter
- L = 1,7 meter
- H = 1 meter
- V = P x L x H
 $= 1,6 \times 1,6 \times 1$
 $= 2,89 \text{ m}^3$



Gambar 5.25 Unit Bak Anaerobik
Tampak Samping



Gambar 5.26 Unit Bak Anaerobik Tampak Atas



Gambar 5.27 Unit Bak Anaerobik Tampak Depan

5.5.2.4 Desain Unit Bak Aerobik

Unit bak aerobik menggunakan media filter yang sama seperti pada bak anaerobik yaitu media filter sarang tawon (*honey comb*). Pada bak aerobik juga dilengkapi dengan *blower udara* yang berperan sebagai aerator. Berikut perhitungannya :

Data Perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Perkiraan suhu = 38,42°
- H (kedalaman atau ketinggian) = 1 meter
- BOD_{in} = 423,47 mg/l
= 423,47 g/m³
- COD_{in} = 452 mg/l
= 452 g/m³
- Effisiensi removal = 95 % (Sumber : Nusa Idaman & Heru,1999)
- BOD_{out} = 5% x 423,47 mg/l
= 21,17 mg/l
- COD_{out} = 5% x 452 mg/l
= 22,6 mg/l

Perhitungan :

a. Beban BOD dan COD dalam limbah :

- BOD = Q x kadar BOD dari bak anerobik
= 4 m³/hari x 423,47 g/m³
= 1693,88 g/hari ~ 1,69 kg/hari
- COD = Q x kadar COD dar bak anaerobik
= 4 m³/hari x 452 g/m³
= 1808 g/hari ~ 1,81 kg/hari

b. Besar BOD dan COD yang dihilangkan :

- BOD = efisiensi x beban BOD
= 95% x 1,69 kg/hari
= 1,61 kg/hari

- COD = efisiensi x beban COD
= 95% x 2,42 kg/hari
= 2,29 kg/hari

c. Volume media filter :

- Standar beban BOD untuk *high rate*
= 0,6 – 3,2 kg BOD/m³.hari (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Volume = $\frac{\text{beban BOD}}{\text{standar beban BOD}} = \frac{1,61 \text{ kg/hari}}{3,2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$
= 0,5 m³

d. Volume bak aerobik :

- Berdasarkan Departemen PU, Pd-T-04-2005-C, 2005 sebesar 55 % dari volume efektif
- Volume = 100/55 x volume media biofilter
= 100/55 x 0,5 m³
= 0,9 m³

e. Waktu tinggal pada bak aerobik :

- Waktu tinggal = $\frac{\text{volume reaktor}}{Q} \times 24 \text{ jam}$
= $\frac{0,9 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam}$
= 5 jam

f. Dimensi bak aerobik :

- Ruang media filter :
P = 0,65 meter
L = 0,7 meter
H = 1 meter
V = P x L x H
= 0,65 x 0,7 x 1 = 0,45 m³

- Ruang aerasi :

$$P = 0,65 \text{ meter}$$

$$L = 0,7 \text{ meter}$$

$$H = 1 \text{ meter}$$

$$V = P \times L \times H$$

$$= 0,65 \times 0,7 \times 1 = 0,45 \text{ m}^3$$

- Total volume efektif :

$$\text{- Volume total} = \text{vol. efektif media filter} + \text{vol. efektif aerasi}$$

$$= 0,45 \text{ m}^3 + 0,45 \text{ m}^3$$

$$= 0,9 \text{ m}^3$$

g. Jumlah Total Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan memiliki volume $0,022 \text{ m}^3$ sarang tawon (*honey comb*) tipe *crossflow*. Ukuran standar media $03 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$. berikut perhitungannya:

- Jumlah media filter $= 0,9 / 0,022$
 $= 41 \text{ buah}$

h. Cek beban BOD per volume media filter ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$) :

$$= \frac{\text{beban BOD}}{\text{volume media}}$$

$$= \frac{1,69 \text{ kg/hari}}{0,5 \text{ m}^3}$$

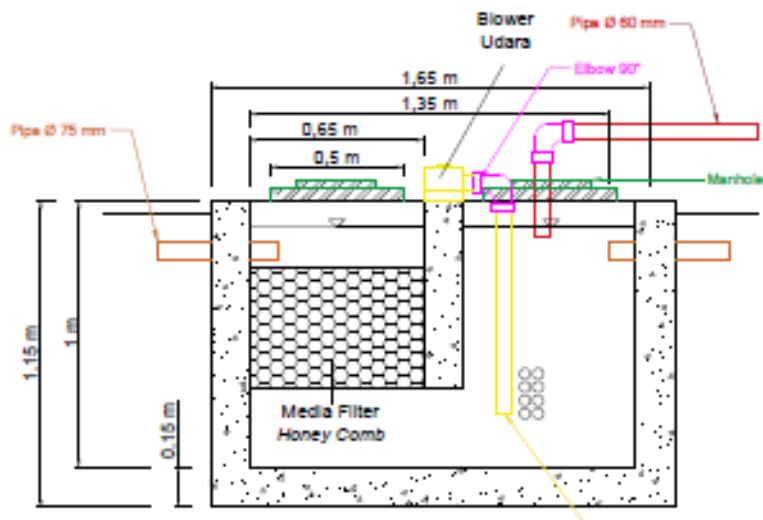
$$= 3,4 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$$

i. Cek waktu tinggal volume efektif bak aerobik :

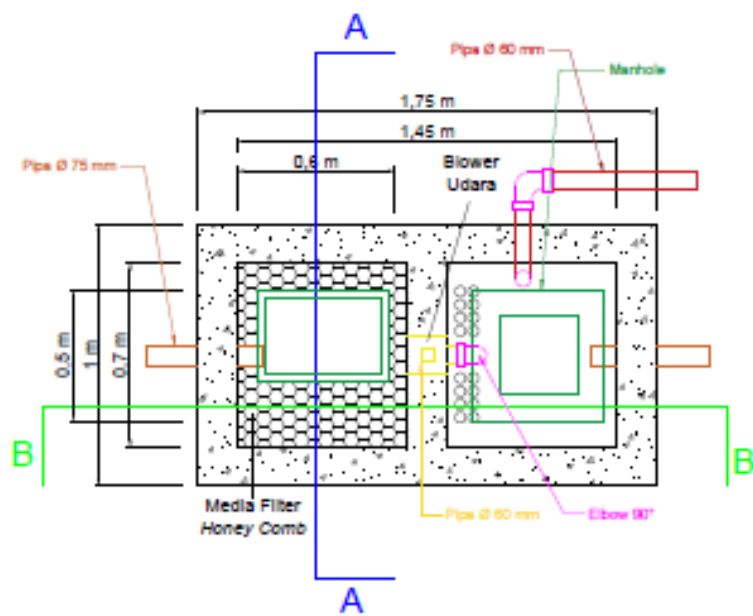
$$= \frac{\text{volume efektif}}{Q} \times 24 \text{ jam}$$

$$= \frac{0,9 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam}$$

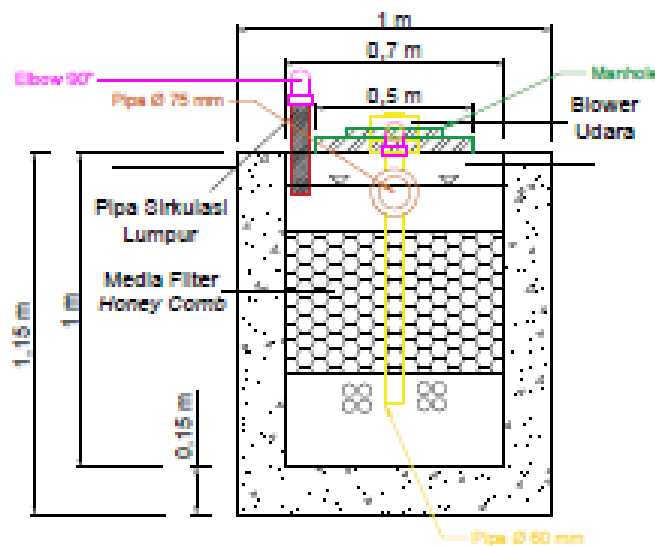
$$= 5 \text{ jam}$$



Gambar 5.28 Unit Bak Aerobik Tampak Samping



Gambar 5.29 Unit Bak Aerobik Tampak Atas



Gambar 5.30 Unit Bak Aerobik Tampak Depan

5.5.2.5 Perhitungan *Blower Udara*

Penentuan *blower udara* ditentukan dengan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk meremoval beban BOD. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Kebutuhan oksigen = jumlah BOD yang dihilangkan = 1,61 kg/hari

Perhitungan :

- *Factor safety* atau faktor keamanan :
 - *Factor safety* = 1,6 untuk *packing* plastik *crossflow*
(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
 - Kebutuhan oksigen
= *Factor safety* x beban BOD
= 1,6 x 1,61
= 2,58 kg/hari
- Kebutuhan udara teoritis untuk menentukan kapasitas blower udara :
 - Berdasarkan Metcalf & Eddy, 2003, presentase oksigen diudara sebesar 23,18%

- Suhu udara rerata bak aerobik = 30°C
- P (tekanan atmosfer) = 1,01325.10⁵ N/m²
- M (mol udara) = 28,97 kg/kg-mol
- R (konstanta gas universal) = 8314 N.m/kg-mol.K
- $\rho_a = \frac{P.M}{R.T} = \frac{(1,01325.10^5 \text{ N/m}^2) \times (28,97 \text{ kg/kg-mol})}{(8314 \text{ N.m/kg-mol.K}) \cdot (273,15 + 30)}$
= 1,16 kg/m³
- Jumlah kebutuhan udara :
= $\frac{2,58 \text{ kg/hari}}{1,16 \text{ kg/m}^3 \times 23,18\%}$
= 2,22 m³/hari
- Kebutuhan udara aktual :
 - Efisiensi *blower udara* adalah 9-12% tipe rigid porous plastic tubes, single spiral roll (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
 - Efisiensi *blower udara* yang digunakan sebesar 12%
 - Kebutuhan udara aktual
= $\frac{\text{jumlah keb.udara teoritis}}{\text{efisiensi blower udara}}$
= $\frac{2,22 \text{ m}^3/\text{hari}}{12\%}$
= 18,5 m³/hari ~ 12,85 liter/menit

5.5.2.6 Desain Unit Clarifier (Bak Pengendap Akhir)

Pada unit clarifier, sisa lumpur dari pengolahan sebelumnya akan disirkulasikan kembali ke bak anaerobik dengan menggunakan pompa secara terus menerus. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- BOD_{in} = 21,17 mg/l
= 21,17 g/m³
- COD_{in} = 22,6 mg/l
= 22,6 g/m³

- Waktu tinggal = 2 - 4 jam (Sumber : Nusa Idaman & Heru, 1999)
- Waktu tinggal yang digunakan adalah 4 jam
- BOD_{out} = 5% x 21,17 mg/l
= 1,05 mg/l
- COD_{out} = 5% x 22,6 mg/l
= 1,13 mg/l
- Standar perencanaan untuk clarifier adalah *rectangular* dan *circular clarifier* (Sumber : Ronald L. Droste, 1997) :
 - o H maks = 4,9 meter
 - o Panjang maks = 75 meter
 - o Diameter maks = 38 meter
 - o *Overflow rate* = 16 - 29 m³/m².hari
 - o *Floor slope* = 1:12

Perhitungan :

- Volume clarifier :

$$\begin{aligned}
 - \text{Vol} &= \frac{\text{waktu tinggal}}{24 \text{ jam}} \times Q \\
 &= \frac{4 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Dimensi clarifier :

Unit clarifier direncanakan berbentuk silinder dengan lantai dasar berbentuk kerucut. Tujuan berbentuk kerucut pada lantai bak clarifier berguna untuk mengumpulkan endapan lumpur sehingga lumpur menjadi mudah di pompa sekaligus sebagai penjernih. Berikut penentuan dimensi bak clarifier :

- Diameter = 0,8 meter
- Tinggi silinder = 1 meter
- Tinggi kerucut = 0,5 meter
- Volume silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
= $\frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \times 1$
= 0,5 m³

- Volume kerucut $= \frac{1}{3} \times \pi \times d^2 \times t$
 $= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,8^2 \times 0,3$
 $= 0,2 \text{ m}^3$
- Volume total $= 0,5 \text{ m}^3 + 0,2 \text{ m}^3$
 $= 0,7 \text{ m}^3$
- Tebal dinding $= 15 \text{ cm} \sim 0,15 \text{ m}$

- Cek waktu tinggal rata-rata :

$$= \frac{\text{volume efektif}}{\text{Q air limbah}} \times 24 \text{ jam}$$

$$= \frac{0,7 \text{ m}^3}{4 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 4,2 \text{ jam} \sim 4 \text{ jam}$$

- *Surface loading* rata-rata :

$$= \frac{\text{Q air limbah}}{\text{PxL}}$$

$$= \frac{4 \text{ m}^3/\text{hari}}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2\right)}$$

$$= 7,95 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \sim 8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

- Cek waktu tinggal saat beban puncak :

- Beban puncak diasumsikan $2 \times \text{Q air limbah}$
- Waktu tinggal puncak $= 4 \text{ jam} / 2$
 $= 2 \text{ jam}$

- *Surface loading* rata-rata saat beban puncak :

$$= 2 \times \text{Surface loading rata-rata}$$

$$= 2 \times 8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

$$= 16 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

- Produksi Lumpur

Kriteria spesifikasi gravitasi (1030 kg/ m^3), solid konten (4,5 %), berikut perhitungannya :

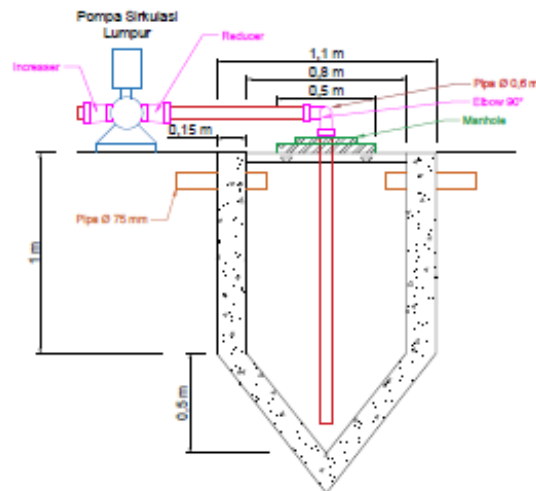
- Konsentrasi TSS didapat dari removal dari proses anaerobik, aerobik, dan clarifier sebesar $4,72 \text{ g/m}^3$
- Jumlah produksi solid (BOD) :

$$= \frac{21,17 \text{ g/m}^3 \times 0,5 \times 4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000 \text{ g/kg}} = 0,042 \text{ kg/hari}$$
- Jumlah produksi solid (TSS) :

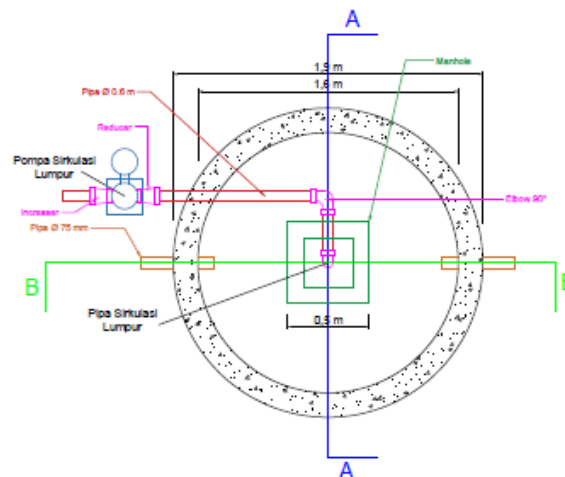
$$= \frac{4,72 \text{ g/m}^3 \times 0,5 \times 4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000 \text{ g/kg}} = 0,0095 \text{ kg/hari}$$
- Total produksi lumpur :

$$= 0,042 \text{ kg/hari} + 0,0095 \text{ kg/hari} = 0,052 \text{ kg/hari}$$
- Ratio sirkulasi lumpur 50 – 100 % (diinginkan 50%)

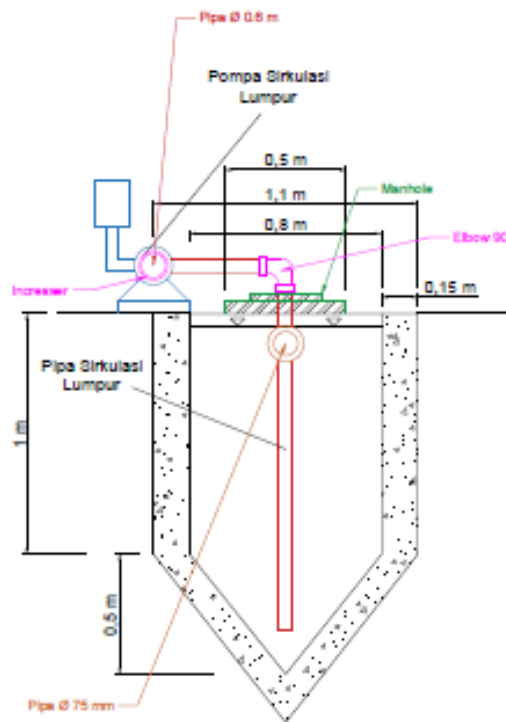
$$= \frac{0,052 \text{ kg/hari}}{2} = 0,026 \text{ kg/hari}$$



Gambar 5.31 Unit Clarifier Tampak Samping



Gambar 5.32 Unit Clarifier Tampak Atas



Gambar 5.33 Unit Clarifier Tampak Depan

5.5.2.7 Perhitungan Pompa Sirkulasi Lumpur

Pompa sirkulasi lumpur berfungsi mesirkulasi kembali lumpur yang mengendap dan terkumpul pada bak clarifier menuju bak anaerobik agar terolah kembali. Berikut perhitungan pompa sirkulasi lumpur:

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam ~ 0,000044 m³/detik
- Waktu beroperasi = 10 Jam (Sumber : D.Mufida dkk, 2017)
- Diameter Pipa = 165 mm
- Koefisien Kekasaran = 150 (Ir. Darwwizal Daoed dan Deki Yasnova, 2015)
- Panjang Pipa = 4,92 m

Perhitungan :

- Head Statis = 2,15 meter

$$- D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times 3}} = \sqrt{\frac{4 \times \left(\frac{0,16 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times \frac{1}{86400}\right)}{\pi \times 3}} = 0,0043 \text{ m} = 4,3 \text{ mm}$$

Digunakan 22 mm sesuai yang ada dipasaran

- Hf Mayor :

- Hf Suction

$$= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 2,15 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}}$$

$$= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 2,15 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}}$$

$$= 0,000017 \text{ meter}$$
- Hf Discharge

$$= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 3,21 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}}$$

$$= \frac{\left(\frac{0,16}{3600}\right)^{1,85} \times 3,21 \text{ m}}{(0,2785 \times 150 \times (0,06)^{2,63})^{1,85}}$$

$$= 0,000025 \text{ meter}$$
- Hf Mayor

$$= 0,000017 \text{ m} + 0,000025 \text{ m}$$

$$= 0,000045 \text{ meter}$$

- Hf Minor :

Headloss Elbow 90°, Reducer, dan Ineraser (K=0,3), serta kecepatan kriteria desain

(v = 0,3 – 3 m/s) :

- $H_{\text{Elbow}} = n \times \frac{k \times v^2}{2g} = 7 \times \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81}$
= 0,96 meter
- $H_{\text{Reducer}} = n \times \frac{k \times v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81}$
= 0,14 meter
- $H_{\text{Ineraser}} = n \times \frac{k \times v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,3 \times 3^2}{2 \times 9,81}$
= 0,14 meter

- Sisa tekan yang diinginkan sebesar 0,3 meter

$$- \text{Head total} = 2,15 \text{ m} + 0,000045 \text{ m} + 0,96 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + \left(\frac{3^2}{2 \times 9,81}\right)$$

$$= 4,15 \text{ meter}$$

- Daya Pompa :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\text{efisiensi Pompa}}$$

$$= \frac{1000 \times 9,81 \times 0,000044 \times 4,15}{80\%}$$

$$= 2,23 \text{ watt} = 0,0022 \text{ kwatt}$$

$$\begin{aligned} \text{- Flowrate} &= \frac{Q}{T} \\ &= \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{jam}}{10 \text{ Jam}} \\ &= 0,016 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,3 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

5.5.2.8 Desain Unit Bak Penampung Sementara

Bak penampung ini berperan sebagai penampung awal air dari hasil pengolahan IPAL yang kemudian tertampung sementara di dalam bak tersebut. Berikut perhitungannya :

Data perencanaan :

- Q air limbah = 4 m³/hari
= 0,16 m³/jam
- Waktu tinggal (diasumsikan) = 2 jam
- H (kedalaman atau ketinggian) = 1 meter

Perhitungan :

- $V = Q \times t$
= 0,16 m³/jam x 2 Jam
= 0,32 m³

- $A = \frac{0,4 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$
= 0,32 m²

- Dimensi Bak :

$$A = p \times l$$

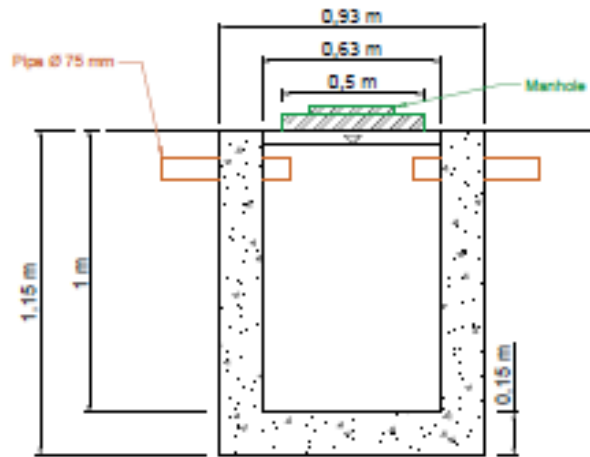
$$0,32 = L^2$$

$$L = 0,6 \text{ m}$$

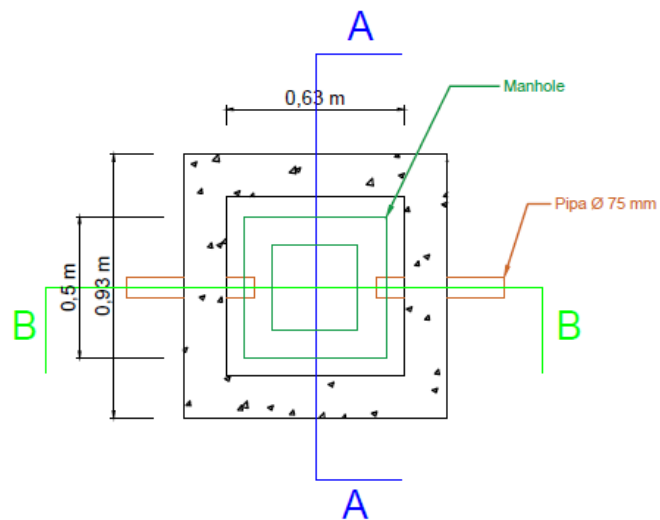
$$P = 0,6 \text{ m}$$

- Cek Volume total sebenarnya :

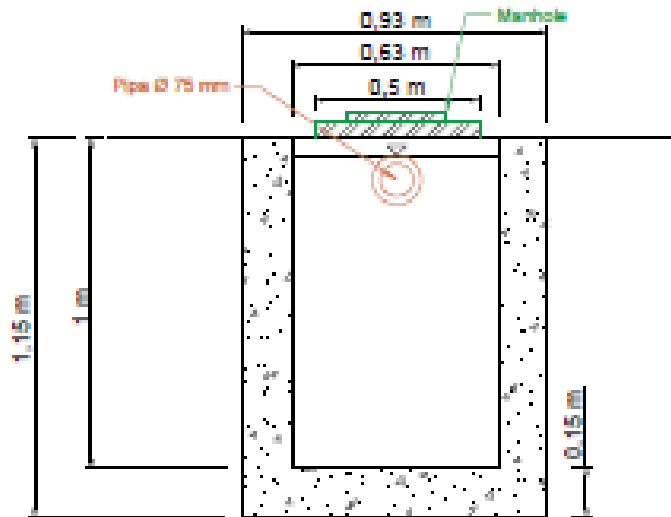
$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 &= 0,6 \times 0,6 \times 1 \\
 &= 0,36 \text{ m}^3 \sim 0,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5.34 Unit Bak Penampung Sementara
Tampak Samping



Gambar 5.35 Unit Bak Penampung Sementara Tampak Atas



Gambar 5.36 Unit Bak Penampung Sementara Tampak Atas

Berdasarkan hasil perhitungan unit-unit IPAL pada masing-masing alternatif didapatkan kesimpulan dimensi dan volume antar unit-unit IPAL pada alternatif 1 dan alternatif 2. Berikut kesimpulan dimensi dan volume tiap unit pada masing-masing alternatif ditunjukkan pada **Tabel 5.8** :

Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Dimensi Dan Volume Masing-Masing Unit Pada Alternatif Pertama dan Kedua

Alternatif 1 Dan Alternatif 2					
Unit	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Diameter (m)	Volume (m³)
Bak Ekualisasi	0,77	0,77	1	-	0,72
Bak Anaerobik	1,6	1,6	1	-	2,60
Bak Aerobik	1,2	1,4	1	-	0,84
Clarifier	-	-	1,5	0,8	0,70
Bak Penampung	0,6	0,6	1	-	0,36

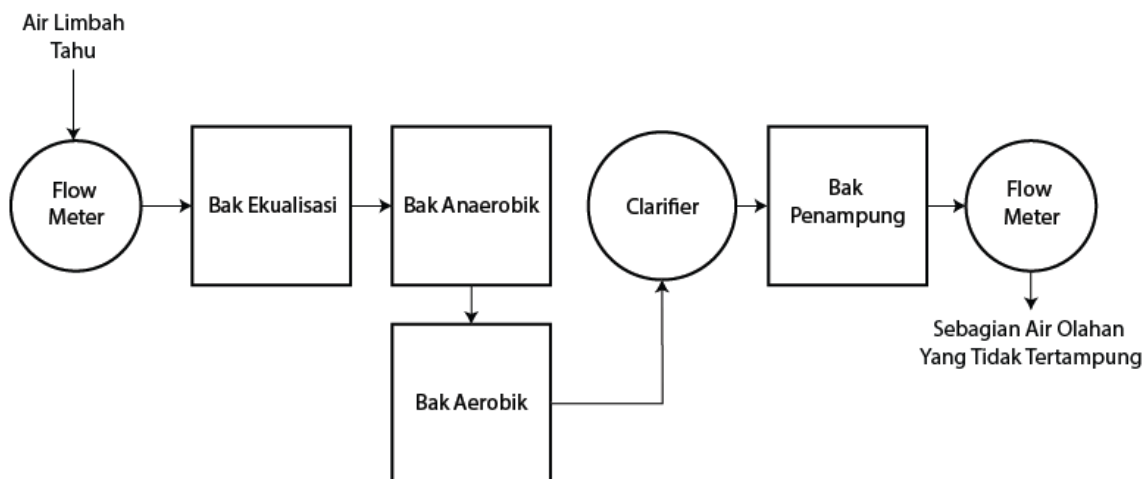
5.6 Kesesuaian Lahan

Sebelum dilakukan perencanaan layout dan desain unit IPAL yang akan dibangun perlu adanya penyesuaian sistem IPAL yang akan dibangun dengan lahan yang akan

direncanakan. Namun, lahan yang akan digunakan terbatas. Sehingga ada 2 alternatif dalam menangani permasalahan tersebut. Berikut 2 alternatif yang akan digunakan :

1. Alternatif 1 (Pengadaan lahan)

Pada alternatif pertama ini, memungkinkan dalam menambah luas lahan (pengadaan lahan) sebagai tempat pembangunan sistem IPAL yang telah direncanakan. Namun, adanya penambahan lahan (pengadaan lahan) tersebut akan berdampak pada pengeluaran dalam segi ekonomi yang cukup besar. Opsi ini dapat digunakan jika pohon – pohon dan kandang kambing tidak dapat ditebang dan cabut serta di relokasikan. Berikut flowchart yang akan digunakan dalam alternatif ini :



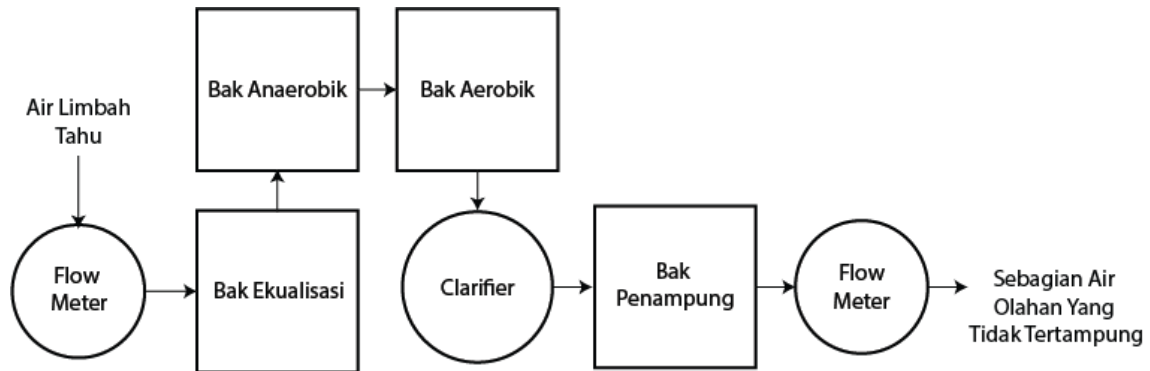
Gambar 5.37 Flowchart Sistem IPAL Berdasarkan Penyesuaian Lahan Alternatif 1

2. Alternatif 2 (Pengoptimalan unit IPAL ataupun lahan yang ada)

Pada alternatif ini, memungkinkan dalam penyesuaian lahan yang terbatas dengan cara mengoptimalkan kinerja pada unit IPAL yang telah kita pilih dan lahan tersebut. Namun pada alternatif ini, menggunakan opsi dalam pengoptimalan lahan.

Hal tersebut dikarenakan lahan yang tersedia sebenarnya cukup untuk dijadikan tempat perencanaan sistem IPAL dengan merombak semua yang ada di lahan tersebut seperti pemindahan kandang kambing dan pencabutan pohon yang ada di lahan tersebut. Dengan demikian, cara tersebut dapat memperluas lahan sehingga lahan tersebut dapat menampung dan cukup dalam pemabangunan sistem IPAL yang telah direncanakan.

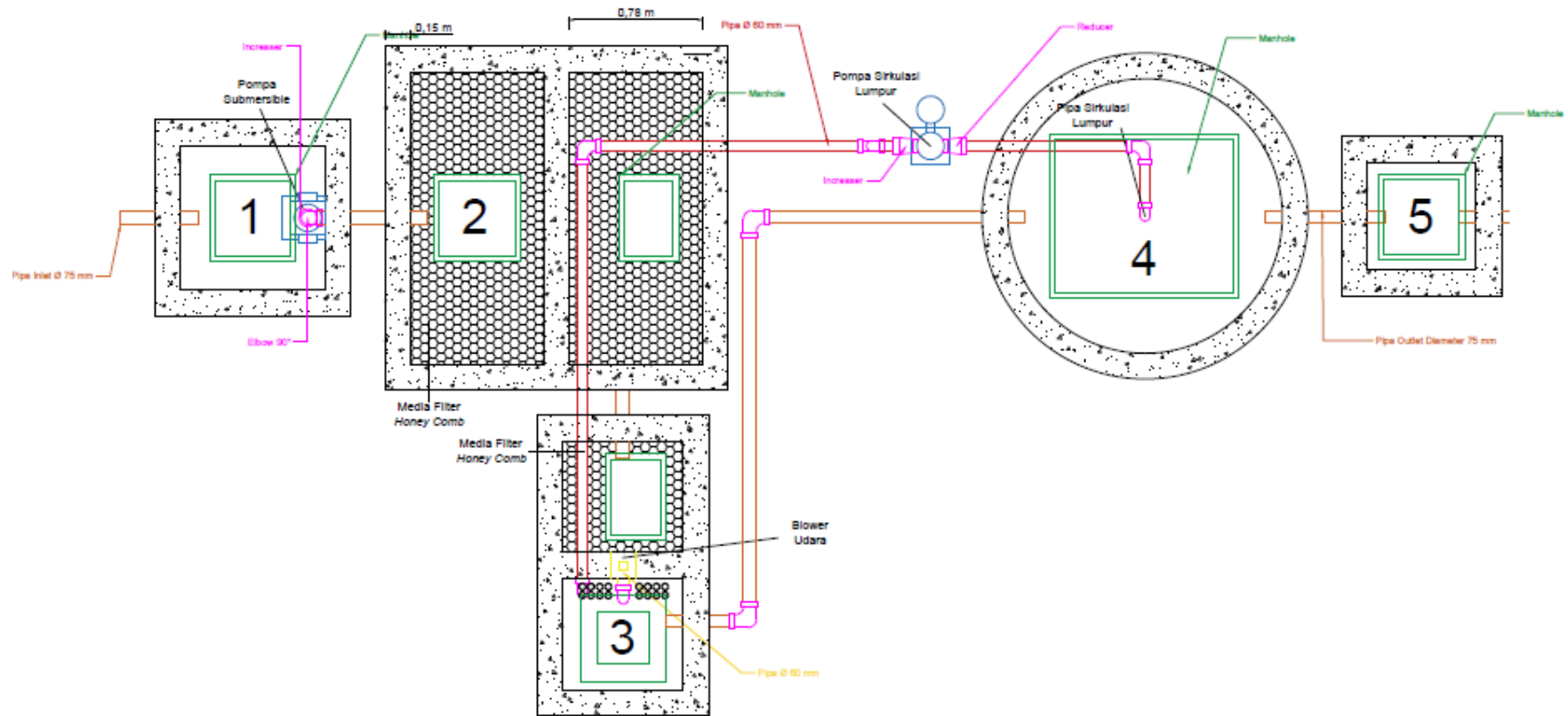
Opsi ini dapat digunakan jika pada lahan tersebut pohon – pohon dan kandang kambing dapat ditebang dan cabut serta di relokasikan. Berikut flowchart penyesuaian lahan pada alternatif 2 :



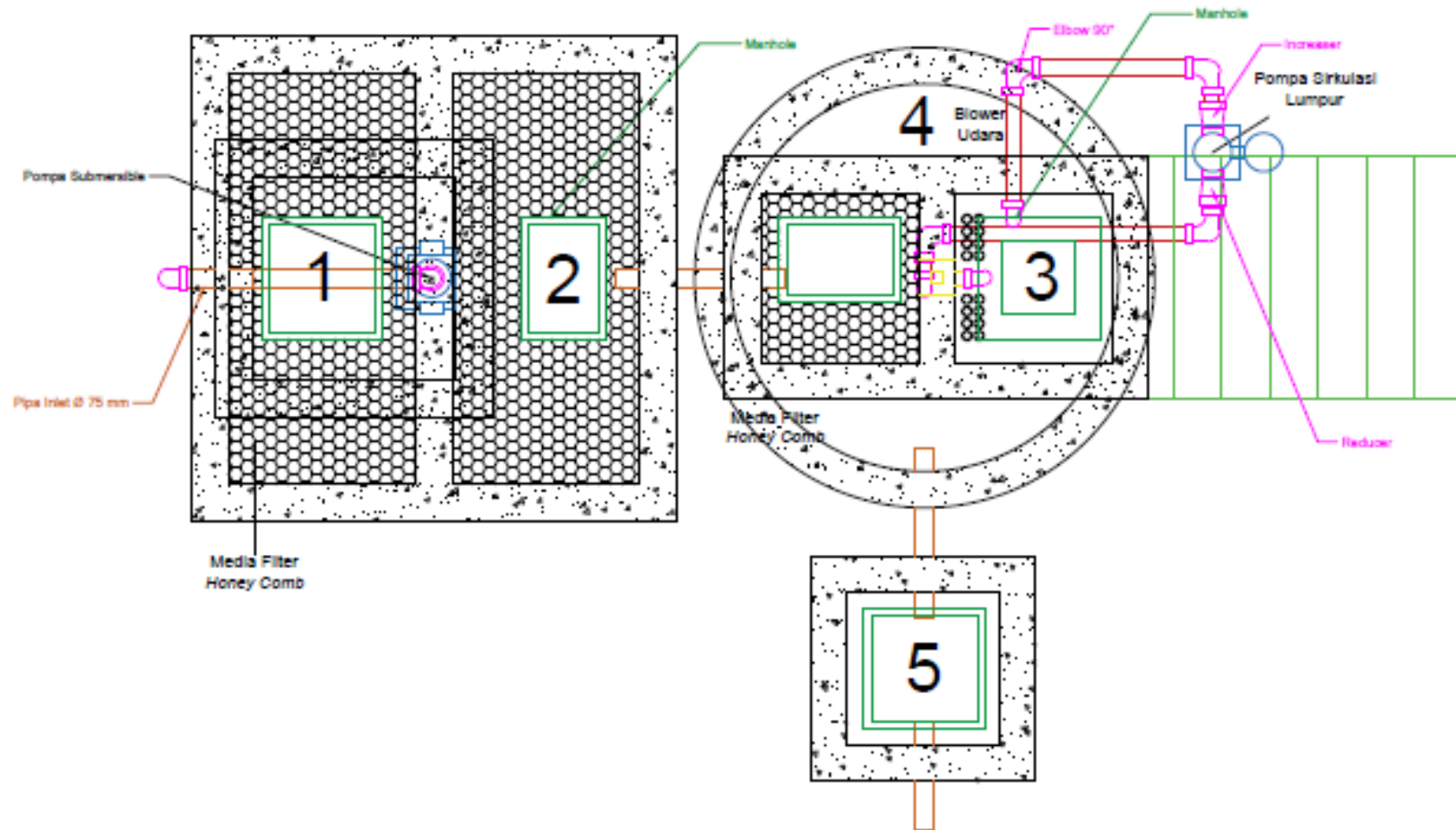
Gambar 5.38 Flowchart Sistem IPAL Berdasarkan Penyesuaian Lahan Alternatif 2

5.1 BOQ (Bill Of Quantity) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya)

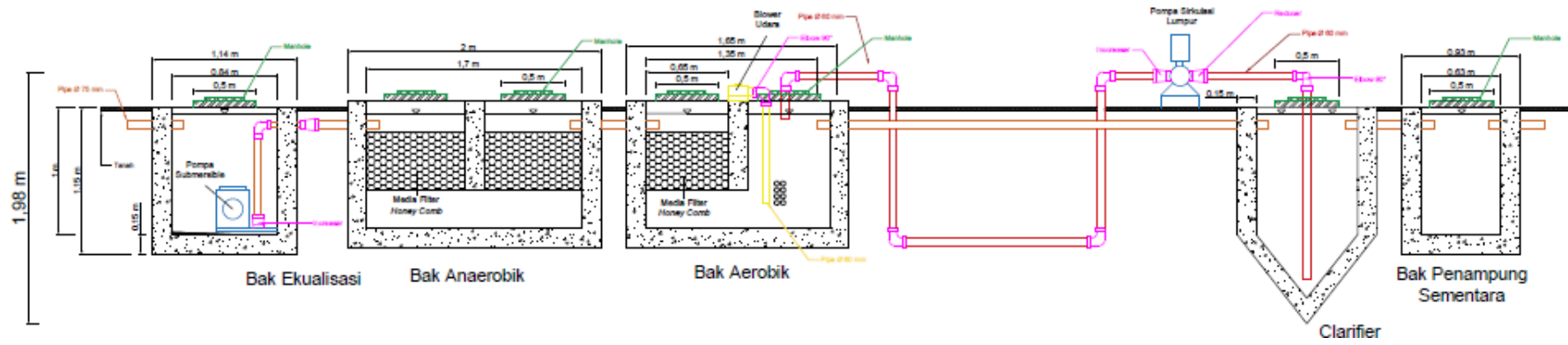
Berikut BOQ (Bill Of Quantity) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) masing – masing alternatif yang telah dikalkulasikan dapat dilihat pada **Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, dan Tabel 5.15** :



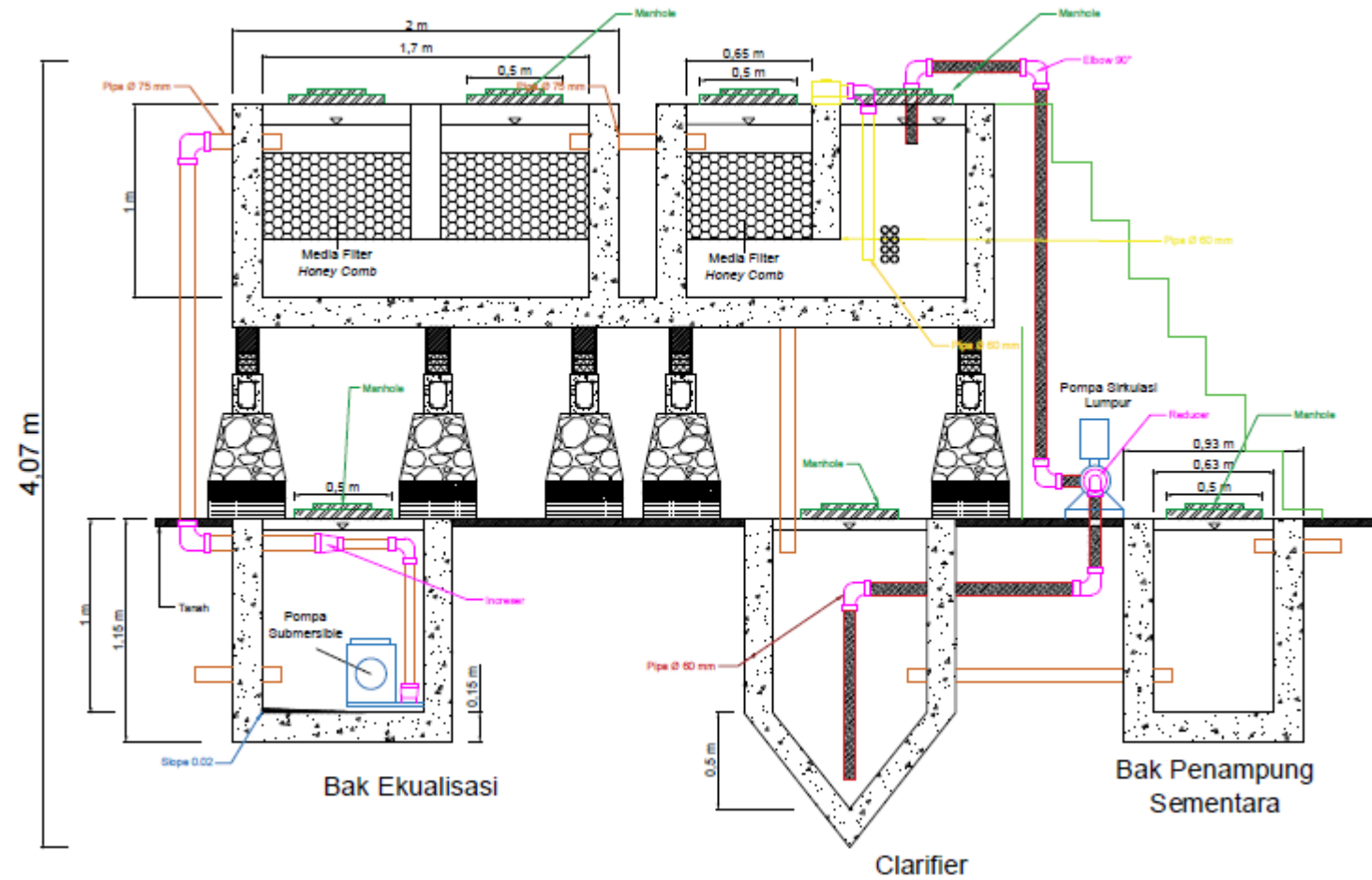
Gambar 5.39 Layout Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Alternatif 1



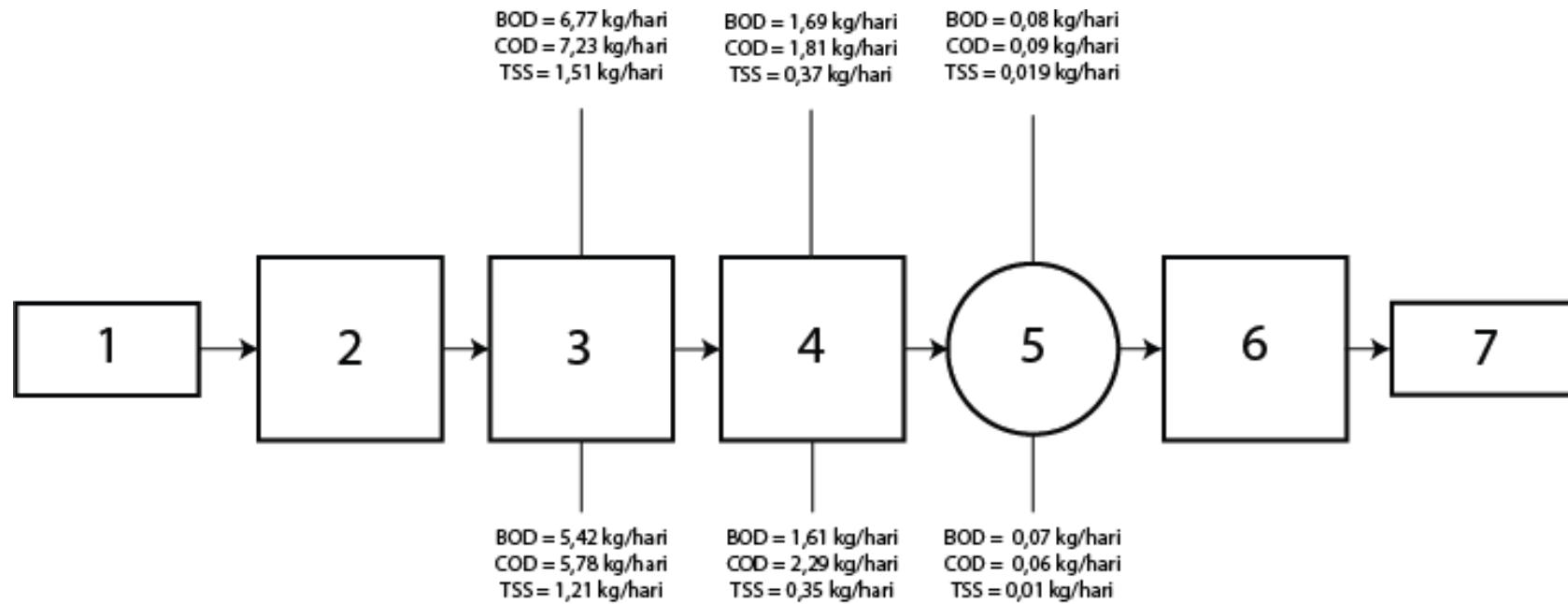
Gambar 5.40 Layout Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Alternatif 2



Gambar 5.41 Profil Hidrolisis IPAL Alternatif 1



Gambar 5.42 Profil Hidrolisis IPAL Alternatif 2



Keterangan :

1. Air Limbah Yang Masuk
2. Bak Ekualisasi
3. Bak Anaerobik
4. Bak Aerobik
5. Clarifier
6. Bak Penampung Untuk Hidroponik
7. Sebagian Air Di Buang Ke Lingkungan

Gambar 5.43 Mass Balance Beban Pengolahan IPAL Masing – Masing Alternatif

Tabel 5.10 Bill Of Quantity (BOQ) Pekerjaan Tanah

Pekerjaan Tanah				
Unit	Galian Tanah			
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m)
Bak Ekualisasi	0,77	0,77	1	0,72
Bak Anaerobik	1,6	1,6	1	2,60
Bak Aerobik	1,2	1,4	1	0,84
Bak Clarifier	-	-	1,5	0,70
Bak Penampungan	0,6	0,6	1	0,36
Total Volume Galian Tanah (m3)				5,22

Tabel 5.11 Bill Of Quantity (BOQ) Pekerjaan Pondasi Batu Kali Bagian 1

BOQ Pekerjaan Pondasi					
Pondasi	Perencanaan				
	L. Atas (m)	L. Bawah (m)	T (m)	P. Pondasi (m)	Volume (m)
Batu Belah	0,25	0,4	0,25	8,24	2,68
Aanstampeng	-	0,4	0,1	8,24	0,33
Total Volume Pondasi (m3)					3,01

Tabel 5.12 Bill Of Quantity (BOQ) Pekerjaan Batu Kali Bagian 2

No	Kebutuhan		Satuan	Indeks Koefisien	Volume (m)
1	Bahan	Batu Belah	m ³	1,200	3,61
2		Portland Cement	zak	202,000	607,54
3		Pasir Pasang	m ³	0,485	1,46
4	Tenaga Kerja	Pekerja	Orang / Hari	1,500	4,51
5		Tukang Batu	Orang / Hari	0,750	2,26
6		Kepala Tukang	Orang / Hari	0,075	0,23
7		Mandor	Orang / Hari	0,075	0,23
Total Volume Pondasi (m3)					619,82

Tabel 5.13 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pipa, Pompa, Dan Blower Alternatif 1

Alternatif 1							
No	Pemasangan Pipa, Pompa dan Media Filter	Satuan	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga	
1	Diameter 75 mm Pipa Air Limbah Standar Rucika	buah	14	Rp	324.100	Rp	4.537.400
2	Diameter 60 mm Pipa Air Limbah Standar Rucika	buah	12	Rp	95.200	Rp	1.142.400
3	Diameter 50 mm Pipa Air Limbah Standar Rucika	buah	2	Rp	74.400	Rp	148.800
4	Elbow 90 Ukuran 75 mm Rucika	buah	2	Rp	9.400	Rp	18.800
5	Elbow 90 Ukuran 60 mm Rucika	buah	9	Rp	5.800	Rp	52.200
6	Elbow 90 Ukuran 50 mm Rucika	buah	1	Rp	3.500	Rp	3.500
7	Reducer Ukuran 60 mm x 40 mm Rucika	buah	1	Rp	3.600	Rp	3.600
8	Increaser Ukuran 60 mm x 40 mm Rucika	buah	1	Rp	3.600	Rp	3.600
9	Increaser Ukuran 50 mm x 40 mm Rucika	buah	1	Rp	2.700	Rp	2.700
10	Increaser Ukuran 75 mm x 50 mm Rucika	buah	2	Rp	5.700	Rp	11.400
11	Pompa Pedrollo Celup 125 Watt TOPm1	buah	1	Rp	2.300.000	Rp	2.300.000
12	Grundfos JP Basic 2 Pompa Semi Jet Pump 100 Watt	buah	1	Rp	1.767.000	Rp	1.767.000
13	Resun GF 180	buah	1	Rp	1.090.000	Rp	1.090.000

14	Media Filter Sarang Tawon (Honey Comb) 0,3 m x 0,25 m x 0,3 m	buah	169	Rp	60.000	Rp	10.140.000
Total						Rp	21.221.400

Tabel 5.14 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pipa, Pompa, Dan Blower Alternatif 2

Alternatif 2							
No	Pemasangan Pipa, Pompa dan Media Filter	Satuan	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga	
1	Diameter 75 mm Pipa Air Limbah Standar Rucika	buah	8	Rp	324.100	Rp	2.592.800
2	Diameter 60 mm Pipa Air Limbah Standar Rucika	buah	11	Rp	95.200	Rp	1.047.200
3	Diameter 50 mm Pipa Air Limbah Standar Rucika	buah	2	Rp	74.400	Rp	148.800
4	Elbow 90 Ukuran 75 mm Rucika	buah	2	Rp	9.400	Rp	18.800
5	Elbow 90 Ukuran 60 mm Rucika	buah	8	Rp	5.800	Rp	46.400
6	Elbow 90 Ukuran 50 mm Rucika	buah	1	Rp	3.500	Rp	3.500
7	Reducer Ukuran 60 mm x 40 mm Rucika	buah	1	Rp	3.600	Rp	3.600
8	Increaser Ukuran 60 mm x 40 mm Rucika	buah	1	Rp	3.600	Rp	3.600
9	Increaser Ukuran 50 mm x 40 mm Rucika	buah	1	Rp	2.700	Rp	2.700
10	Increaser Ukuran 75 mm x 50 mm Rucika	buah	2	Rp	5.700	Rp	11.400
11	Pompa Pedrollo Celup 125 Watt TOPm1	buah	1	Rp	2.300.000	Rp	2.300.000

12	Grundfos JP Basic 2 Pompa Semi Jet Pump 100 Watt	buah	1	Rp	1.767.000	Rp	1.767.000
13	Resun GF 180	buah	1	Rp	1.090.000	Rp	1.090.000
14	Media Filter Sarang Tawon (Honey Comb) 0,3 m x 0,25 m x 0,3 m	buah	169	Rp	60.000	Rp	10.140.000
Total						Rp	19.175.800

Tabel 5.15 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Alternatif 1

Alternatif 1							
No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga	
I	Pekerjaan Persiapan						
	1. Pembersihan Lahan	m ²	5,19	Rp	70.000	Rp	363.503
	2. Papan Nama Proyek	buah	1	Rp	250.000	Rp	250.000
	3. Pengadaan Lahan	m ²	5,19	Rp	1.200.000	Rp	6.231.480
	Total					Rp	6.844.983
II	Pekerjaan Tanah						
	1. Pekerjaan Galian Tanah	m ³	5,22	Rp	80.000	Rp	417.600
	2. Pekerjaan Pipa	m ³	5,22	Rp	2.500	Rp	13.050
	3. Biaya Listrik	kwh	5,05	Rp	1.300	Rp	6.565
	Total					Rp	437.215
III	Pekerjaan Beton						
	1. Bak Ekualisasi	m ³	0,25	Rp	2.049.000	Rp	519.135
	2. Bak Anaerobik	m ³	0,92	Rp	2.049.000	Rp	1.888.922
	3. Bak aerobik	m ³	1,57	Rp	2.049.000	Rp	3.209.502
	4. Bak Clarifier	m ³	1,44	Rp	2.049.000	Rp	2.956.910
	5. Bak penampungan	m ³	0,29	Rp	2.049.000	Rp	587.807

Total	Rp	9.162.276
Total RAB	Rp	37.665.874

Tabel 5.16 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Alternatif 2

Alternatif 2						
No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga
I	Pekerjaan Persiapan					
	1. Pembersihan Lahan	m ²	5,19	Rp	70.000	Rp 363.503
	2. Papan Nama Proyek	buah	1	Rp	250.000	Rp 250.000
	Total				Rp	613.503
II	Pekerjaan Tanah					
	1. Pekerjaan Galian Tanah	m ³	5,22	Rp	80.000	Rp 417.600
	2. Pekerjaan Pipa	m ³	5,22	Rp	2.500	Rp 13.050
	3. Biaya Listrik	kwh	5,05	Rp	1.300	Rp 6.565
	Total				Rp	437.215
III	Pekerjaan Pondasi					
	Batu Belah	m ³	3,61	Rp	264.000	Rp 952.808
	Portland Cement	zak	607,54	Rp	51.000	Rp 30.984.295
	Pasir Pasang	m ³	1,46	Rp	371.000	Rp 541.173
	Pekerja	oh	4,51	Rp	70.000	Rp 315.798
	Tukang Batu	oh	2,26	Rp	80.000	Rp 180.456
	Kepala Tukang	oh	0,23	Rp	85.000	Rp 19.173
	Mandor	oh	0,23	Rp	85.000	Rp 19.173
	Total				Rp	33.012.876
IV	Pekerjaan Beton					
	1. Bak Ekualisasi	m ³	0,25	Rp	2.049.000	Rp 519.135

2. Bak Anaerobik	m ³	0,92	Rp	2.049.000	Rp	1.888.922
3. Bak aerobik	m ³	1,57	Rp	2.049.000	Rp	3.209.502
4. Bak Clarifier	m ³	1,44	Rp	2.049.000	Rp	2.956.910
5. Bak penampungan	m ³	0,29	Rp	2.049.000	Rp	587.807
Total					Rp	9.162.276
Total RAB					Rp	64.447.270

5.7 Operational dan Maintenance

Pada sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di pabrik tahu maju jaya ada beberapa petunjuk dalam mengoperasikan IPAL tersebut. Berikut tahapan pengoperasian :

- Pengecekan kondisi pompa dan pipa sebelum mengoperasikan secara rutin sebelum menyalakan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di pabrik tahu maju jaya.
- Menyalakan pompa saat akan melakukan produksi tahu dan mematakannya setelah selesai produksi tahu. Sehingga daya listrik yang digunakan menjadi hemat dan kinerja sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) optimal.
- Pemeriksaan pompa-pompa dan pipa – pipa secara rutin atau berkala.
- Pengecekan dan pemeliharaan dalam pengurusan air pada bak penampungan ketika penuh secara rutin 1 minggu – 2 minggu sekali.
- Pembersihan lumpur dengan cara pengerukan lumpur yang mengedap pada clarifier secara rutin untuk menghindarkan terjadinya *shock loading* atau penuhnya volume air akibat endapan lumpur yang menumpuk. Sehingga kinerja unit atau bak menjadi optimal secara rutin ± 1 bulan sekali dengan menggunakan ember. penggunaan ember digunakan karena produksi lumpur yang di hasilkan sangat kecil.
- Melakukan kontrol pada semua unit IPAL, sistem perpipaan, dan pompa untuk mengurangi timbulnya resiko kebocoran dan kerusakan.
- Pergantian alat rusak dengan yang baru atau cadangan yang sudah disediakan dengan cepat dan perbaiki berkala jika terjadi kondisi yang tidak diinginkan.